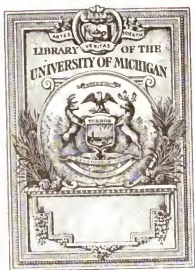


BUHR B



39015 00015093 1b



32



Ölpalmenwald ohne Pflege im Bezirk Duola (Aus: »Deutsches Kolonialblatt 1912 S. 948«).
Es ist kein echter Urwald, sondern wohl ein nachtraglicher, an Ölpalmen reicher Buschwald.

Die Grundlagen
der
Landschaftskunde

Ein Lehrbuch und eine Anleitung
zu landschaftskundlicher Forschung und
Darstellung

von
Siegfried Passarge.

Band II

**Klima, Meer, Pflanzen- und Tierwelt
in der Landschaft**

Mit 78 Abbildungen im Text und 26 Abbildungen auf 18 Tafeln.



Hamburg.
L. Friederichsen & Co.
1920.

Alle Rechte vorbehalten.
insbesondere das Übersetzungsrecht in fremde Sprachen
Copyright 1920 by L. Friederichsen & Co., Hamburg

Druck von J. J. Augustin in Glückstadt und Hamburg.

Vorwort.

Der zweite Band der „Grundlagen der Landschaftskunde“ enthält die Abschnitte über Klima und Meer, Pflanzen- und Tierwelt. An sich wäre es natürlicher gewesen, zwischen Meer und Pflanzenwelt die feste Erdoberfläche einzuschließen. Lediglich äußere Gründe sind es, daß diese natürliche Anordnung nicht gewählt worden ist. Der Umfang der Kapitel über die feste Erdrinde ist nämlich so umfangreich, daß jene mehr Raum einnehmen, wie die Abschnitte bis zum Menschen (ausschließlich) zusammen. Demnach war die gewählte Einteilung das Gegebene.

Inhaltlich handelt es sich keineswegs um eine geschlossene Klima- und Meereskunde, Pflanzen- und Tierlehre, vielmehr sind diejenigen Seiten der genannten Wissenschaften herausgehoben worden, die in erster Linie für die Landschaften maßgebend sind. Demgemäß sind in dem Abschnitt über die Lufthülle die Erscheinungen des Klimas, in dem Abschnitt Meereskunde die auf der Meeresoberfläche sichtbaren Vorgänge dargestellt worden, hinsichtlich der Pflanzenwelt aber steht die Schilderung der Pflanzen nach der sichtbaren Gestalt der Einzelformen und ihrem Zusammentreten zu Pflanzenvereinen im Vordergrund. Die Tierwelt aber hat in ihrer Abhängigkeit von der Umwelt eine Darstellung durch Herrn Dr. Sokolowsky erfahren.

Entsprechend seiner vielseitigen Kenntnisse, die sich gerade auf Tierarten und Tierleben beziehen und infolge seiner großen Erfahrungen bezüglich der Lebensweise der Tiere in der Gefangenschaft und Freiheit war er für eine Abfassung des tierkundlichen Teiles besonders geeignet. Daß er oben- drein ein ausgezeichnete Zeichner und somit lebenswahre bildliche Darstellungen von Tieren zu entwerfen gewohnt ist, war ein anderer wesentlicher Vorteil. Ich möchte Herrn Dr. Sokolowsky an dieser Stelle für die Hingabe und das lebhafte Interesse, das er der Aufgabe entgegengebracht hat, besonders danken.

Bezüglich der Tier- und Pflanzenwelt mag es auffallen, daß auf eine Darstellung des Körperbaues sowohl als des natürlichen Systems gänzlich verzichtet worden ist. Der leitende Gedanke war der, daß auf der Schule wenigstens in dieser Hinsicht soviel Kenntnisse gewonnen werden, als man zu dem Verständnis der Rolle besitzen muß, die Tiere und Pflanzen in der Landschaft spielen.

Der Verlag von L. Friederichsen & Co. hat auch bei der Herausgabe dieses Bandes alles getan, was er konnte, und keine Ausgaben gescheut. Daß die Ausstattung naturgemäß möglichst einfach ausfallen, daß man sich namentlich hinsichtlich der Abbildungen Zurückhaltung auferlegen mußte, liegt auf der Hand. Es sind deshalb in größerer Zahl nur Strichzeichnungen und Karten aufgenommen worden. Sie sind — mit Ausnahme der Tierzeichnungen, die wie erwähnt Herr Dr. Sokolowsky selbst angefertigt hat — in dem Geographischen Seminar der Universität von Frl. Klobb gezeichnet worden. Bereits veröffentlichte Zinkätzungen wurden auch

dieses Mal von verschiedenen Seiten zur Verfügung gestellt, so von der Hamburgischen Universität bezüglich der Abbildungen aus dem Werk von Herrn Dr. Range. Sodann sind Herr Dr. Lütgens und die Verwandten des verstorbenen Herrn Dr. Martin zu nennen, dessen trefflicher Landeskunde von Chile auch dieses Mal einige Abbildungen entnommen worden sind. Namentlich aber hat das Reichskolonialamt sowie der Verlag von E. S. Mittler und Sohn aus den Mitteilungen aus den deutschen Schutzgebieten Bilder zur Verfügung gestellt, nämlich von den Herren Behrmann, Busse, Jäger, Oehler, v. Prittwitz, Seiner, Weule.

Allen diesen Herren sei für das bewiesene Entgegenkommen der wärmste Dank hiermit ausgesprochen.

Hamburg im November 1919.

Siegfried Passarge.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Teil I. Die Lufthülle	1
Kapitel I: Allgemeine Gesichtspunkte	1
„ II: Sonnenstrahlung und Lufthülle	2
1. Die Beschaffenheit der Lufthülle	2
2. Die Sonnenstrahlung	3
A) Die Beschaffenheit der Sonnenstrahlen...	3
B) Die Absorption der Sonnenstrahlen.....	3
C) Die Dauer der Sonnenstrahlung	3
D) Die Wirkung der verschluckten Strahlen..	4
„ III: Die Wirkungen der Sonnenstrahlung	5
1. Die Temperatur	5
A) Physikalische Grundbegriffe und Gesetze .	5
B) Der tägliche Temperaturgang	6
C) Der jährliche Temperaturgang.....	9
D) Die Isothermen	10
E) Die Temperaturgürtel	12
F) Isanomalen	13
2. Luftdruck und Winde.....	14
A) Die Schwere der Luft	14
B) Das Schwanken des Luftdruckes	14
C) Allgemeine Beziehungen zwischen Tempera- tur, Luftdruck und Winden	14
D) Allgemeines Gesetz über die Windrichtung	15
E) Allgemeine Luftbewegung	17
F) Zyklone und Antizyklone	19
G) Isobaren	21
H) Besondere Winde	25
3. Luftfeuchtigkeit, Wolken u. Niederschläge	28
A) Luftfeuchtigkeit	28
B) Die Wolken	31
C) Die Niederschläge	32
a) Entstehung der Niederschläge.....	32
b) Formen der Niederschläge.....	33
c) Entstehung des Regens.....	33
d) Ursachen des Regenmangels	34
e) Der Schnee	35
f) Niederschlagsmengen der Erde	35
g) Jahreszeitliche Verteilung der Nieder- schläge	36
4. Lufterlektrizität	39

	Seite
Kapitel IV: Klimaarten und Klimagürtel	39
A) Klimaarten	40
1. Land- und Seeklima	40
2. Monsunklimate	40
3. Passatklimate	40
4. Gebirgs- und Höhenklima	41
5. Wüstenklimate	41
B) Klimagürtel	42
1. Gleichergürtel	42
2. Die Subtropen	42
3. Die Mittulgürtel	43
4. Die Polarkappen	43
Kapitel V: Die Klimagebiete der Erde (nach Köppen)	43
A) Einteilung in 4 Klimagürtel	44
1) Der Tropengürtel	44
2) Die Trockengebiete	44
3) Die Subtropengürtel	44
4) Die Mittulgürtel	44
5) Die Schneeklimate	44
B) Gliederung der einzelnen Klimagürtel	45
1) Der Tropengürtel	45
2) Die Trockengebiete	46
3) Die Subtropengürtel	47
4) Die Mittulgürtel	48
5) Die Schneeklimate	50
6) Das Klima der Höhenstufe	50
7) Die Einordnung der Klimagebiete im Rahmen der Erdteile	51
Kapitel VI: Klimabeschreibung und Klima-Kraft-Karten	58
A) Örtliche klimatische Einflüsse	59
B) Klimatische Einflüsse aus der weiteren Umgebung	59
C) Beobachtungsstationen	60
D) Die Verwertung des Beobachtungsmaterials	61
E) Südafrika als Beispiel einer Klima-Kraft-Karte	61
Kapitel VII: Klimaschilderungen	62
Teil II. Das Meer in der Landschaft	69
Allgemeine Gesichtspunkte	69
1. Formbeschreibende Namensgebung	69
2. Meerestiefen und Meeresboden	70
3. Das Meerwasser	71
4. Bewegungserscheinungen im Meere	72
5. Temperaturverhältnisse	73
6. Eisbildungen	73
Teil III. Die Pflanzendecke	83
Allgemeine Gesichtspunkte	83
Kapitel I: Der Standort und seine Wirkung auf das Wachstum der Pflanzen und auf die Ausbildung der Lebensformen	83
I. Klimatische Einwirkungen	84
1. Die Luft	84
2. Das Licht	85
3. Die Wärme	86

Inhaltsverzeichnis.	VII
	Seite
4. Die Niederschläge u. Bodenfeuchtigkeit	87
5. Der Wind	94
II. Einwirkungen des Bodens	94
1. Die Wirkung des festen Bodens	94
2. Die Wirkungen des Grundwassers im Boden	97
3. Die Wirkungen von Schneedecken und Eishoden	98
4. Die Wirkung von Bodenversetzungen	98
5. Die Wirkungen des Laubstreu	99
III. Tierwelt und Pflanzengestaltung	99
Kapitel II: Pflanzenvereine	101
1. Allgemeine Gesichtspunkte	101
II. Lebensformen	105
A. Dauergewächse	105
B. Jahrespflanzen	106
III. Die Gliederung der Pflanzenvereine	106
A) Allgemeine Bedingungen	109
B) Die Hauptgruppen der Pflanzenvereine	109
1. Die tropischen Pflanzenvereine	109
1. Die Waldgebiete	110
2. Die Grassteppengebiete	113
3. Zwergstrauch- und Saftgehölzsteppen	115
4. Die Pflanzenvereine der tropischen Gebirge	116
II. Die subtropischen Pflanzenvereine	118
1. Die Pflanzenvereine der immerfeuchten Subtropen	119
2. Subtropische Winterregen-Gebiete	120
3. Höhenstufen	122
III. Die Pflanzenvereine des Mittelgürtels	122
1. Die Waldgebiete	123
2. Die Steppengebiete	124
3. Die Höhenstufen	126
IV. Die Pflanzenvereine der Trockengebiete	126
1. Die Salzsteppen und Wüsten	126
2. Die Höhenstufen	128
V. Die polaren Pflanzenvereine	128
1. Zweigstrauchheiden, Tundra und Polarwüste	129
2. Die Höhenstufen	131
Kapitel III: Die Erläuterungen zu den Karten der klimatischen Pflanzenvereine	131
Teil IV. Die Tierwelt	138
Einleitung	138
Kapitel I: Die Tiere der Waldlandschaften	140
1. Allgemeines	140
2. Der Einfluß des Waldes auf die Tiere	142
3. Tiere des Waldes, die in der Landschaft wichtig sind	155
Kapitel II: Die Tierwelt der offenen Gebiete	165
1. Allgemeines	165
2. Der Einfluß des offenen Gebiets auf die Tierwelt	166
3. Tiere, die für die offenen Gebiete wichtig sind	173
4. Tiere der Sumpflandschaften	176

Kapitel III: Die Tierwelt der Höhenggebiete.....	179
1. Allgemeines	179
2. Der Einfluß der Höhenggebiete auf die Tiere ...	180
3. Wichtigste Gebirgstiere	181
Kapitel IV: Die Tierwelt der Gewässer	183
1. Allgemeines	183
2. Der Einfluß des Wasseraufenthaltes auf die Tiere	186
3. Die wichtigsten Wassertiere	190
4. Die Tierwelt des Meeres	196
Kapitel V: Die Tierwelt der Polarländer	199
1. Allgemeines	199
2. Der Einfluß der Polarwelt auf die Tiere	200
3. Die Tierwelt der arktischen Region	201
4. Die Tierwelt der antarktischen Region	205
5. Das Seelenleben der Polartiere	208
Kapitel VI: Die Tierwelt der Luft	209
1. Allgemeines. Die Luft als Lebensraum	209
2. Der Einfluß des Luftlebens auf die Tierwelt....	211
3. Die wichtigsten Lufttiere	214
Kapitel VII: Die Tierwelt der Kulturlandschaften	215
1. Allgemeines	215
2. Der Einfluß des Kulturlandes auf die Tiere....	217
3. Tiere, die in der Kulturlandschaft wichtig sind..	220

Verzeichnis der Tafeln.

Tafel	1. Ölpalmenwald
..	2. Wolkenformen
..	3. Inneres eines Urwaldes. — Caramacate-Baum
..	4. Bergwald — Lagune in einem Estero
..	5. Urwald mit Baumfarnen
..	6. Ngurue, obere Höhenwaldgrenze — Blick vom Hettnergipfel
..	7. Sumpfwald des Sepik — Pflanzendecke am Madschmeabfall
..	8. Rio Amores zur Regenzeit — Rio Amores zur Trockenzeit
..	9. Potrero von San Carlos
..	10. Landschaft in Südadamaua
..	11. Njanti-Gebirge — Ostabfall des Sonjoberglandes
..	12. Obstgartensteppe in Südoto
..	13. Dornestrüpp auf der Makondetafel
..	14. Moskitopfanne — Milchbuschsteppe
..	15. Ebenholz und Kameldorn — Grassteppe mit Palmen
..	16. Partie aus der Quebrada Larga
..	17. Araucarienwald
..	18. Inneres eines Urwaldes in Feuerland

Teil I. Die Lufthülle.

Kapitel I. Allgemeine Gesichtspunkte.

Die uns umgebende Lufthülle zeigt fast von Stunde zu Stunde, von Tag zu Tag, von Monat zu Monat wechselnde Erscheinungen. Temperatur und Bewölkung, Sonnenschein und Niederschlag verändern sich dauernd. Diese dauernden Veränderungen bedingen das Wetter.

Die Witterungslehre beschäftigt sich mit ihr, und der öffentliche Wetterdienst hat sich in den Dienst der Praxis gestellt.

Beobachtet man nun im Lauf der Jahre dauernd das Wetter, die Witterung einer Gegend, so findet man, daß in bestimmten Zeitabschnitten, den Jahreszeiten, die Witterung in allen Jahren im Wesentlichen die Gleiche ist — Sommer und Winter, Regen- und Trockenzeit. Faßt man nun die Einzelbeobachtungen zusammen, bildet man aus den monatlichen und jährlichen Beobachtungen Mittelwerte, so erhält man eine Vorstellung von dem Klima des Gebiets, d. h. von den mittleren Zuständen der Lufthülle in einem bestimmten Gebiet. Die Klimalehre befaßt sich mit dieser Forschung.

Um nun aber die Vorgänge innerhalb der Lufthülle verstehen zu können, muß man auf physikalischer Grundlage die allgemeinen Gesetze erforschen. Die Meteorologie, die dieser Aufgabe dient, muß sich auf wetter- und klimakundliche Beobachtungen stützen. Andererseits müssen sich Wetter- und Klimalehre die Gesetze zu eigen machen, die die Meteorologie feststellt. Es findet also ein enges Zusammenarbeiten zwischen den drei Zweigen der Lehre von der Lufthülle statt, ein gegenseitiges Geben und Empfangen.

In Nachfolgendem sollen nun, ohne eine scharfe Trennung zwischen Wetterlehre, Klimalehre und Meteorologie vorzunehmen, die Erscheinungen der Lufthülle behandelt werden, soweit sie für die Landschaftskunde von Bedeutung sind.

Zunächst müssen wir die wirksamen Kräfte kennen lernen.

Meteorologie und Klimalehre beschäftigen sich mit der Lufthülle, erforschen deren Beschaffenheit und die Vorgänge in ihr, indem sie die verschiedenen Kräfte feststellen, zergliedern und die Art und Stärke ihres Wirkens erforschen. Diese Kräfte nennt man die meteorologischen Faktoren. Sie lassen sich in 3 Gruppen einteilen, einmal die von der Sonne, sodann die von der Lufthülle, schließlich die von der Erdoberfläche ausgehenden Kräfte.

Von den von der Sonne ausgehenden Kräften kommt vor allem die Sonnenstrahlung in Frage — also Wärme-, Licht- und chemische Strahlen. Die elektrische Strahlung, die mit den Sonnenflecken zusammenhängt, ist wahrscheinlich von großem, vielleicht von entscheidendem Einfluß auf

manche Vorgänge in der Lufthülle, allein diese Beziehungen sind noch wenig erforscht.

Die Lufthülle wirkt in erster Linie durch ihr Gewicht, ferner durch ihren Wasserdampf, Staubgehalt und ihre Elektrizität.

Die Erdoberfläche wirkt in Form der geographischen Breite, der Meereshöhe und der Verteilung von Wasser und Land. Auch sind Bodenbeschaffenheit und Pflanzendecke oft von Bedeutung.

Alle diese von der Erdoberfläche ausgehenden erdkundlichen Faktoren wirken auf das Klima oft in entscheidender Weise ein. Allein sie sollen hier nicht für sich besprochen werden, sondern bei der Darstellung der meteorologischen Faktoren, die aus der Beschaffenheit der Lufthülle und der auf diese einwirkenden Sonnenkräfte hervorgehen, behandelt werden. Diese meteorologischen Faktoren sind Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit und Luftpotezialität. Solchem Entwurf entsprechend sei der Stoff in folgende Abschnitte zergliedert: Sonnenstrahlung und Lufthülle, Wirkungen der Sonnenstrahlung, Klimatypen, die Klimagebiete der Erde, Klimadarstellungen und Klimakraftkarten.

Kapitel II. Sonnenstrahlung und Lufthülle.

1. Die Beschaffenheit der Lufthülle.

Die physikalischen Eigenschaften der Lufthülle sind ein besonderer Gegenstand der meteorologischen Forschung. Hier interessiert uns lediglich die Zusammensetzung der Luft. Die Luft besteht aus Stickstoff (nebst Argon) und Sauerstoff (nebst Ozon), und zwar in dem Verhältnis von rund 80:20. Während der Sauerstoff das aktive Element ist, auf dem die Verbrennungs- oder Oxydationsvorgänge und damit das Leben der Organismen beruhen, spielt der Stickstoff eine mehr passive Rolle und geht nur schwer mit anderen Elementen Verbindungen ein. Letztere bilden sich z. B. unter dem Einfluß elektrischer Entladungen, der Blitze, indem Ammoniak und salpetrige Säure entstehen. Auch sind gewisse Bakterien fähig, den Stickstoff der Bodenluft chemisch zu binden.

Außer dem Sauerstoff und Stickstoff ist noch die Kohlensäure wichtig, die zwar in geringer Menge, aber doch überall zu finden ist. Im allgemeinen sind in freier Luft 0,03 Volumenprozent vorhanden; in den Straßen großer Städte steigt der Kohlensäuregehalt bis über 4 Volumenprozent. Auch das Ammoniak fehlt nirgends, selbst nicht in großen Höhen. Beide — Ammoniak und Kohlensäure — sind für die Pflanzenwelt von größter Bedeutung.

Außer diesen überall nachweisbaren Elementen und Verbindungen gibt es auch streckenweise zufällige Beimengungen. Am wichtigsten ist der Wasserdampf, der je nach dem Wasservorrat und nach der Aufnahmefähigkeit der Luft in schwankender Menge vorkommt. Außerdem können mechanische Verunreinigungen, je nach den Umständen, in verschiedenen Mengen vorhanden sein, z. B. Staub vom Erdboden, von kosmischem oder vulkanischem Ursprung, aus vegetabilischen und tierischen Substanzen, z. B. Bakterien, Sporen, Pollenkörner, Härchen u. a. m. Der Staub kann auf die physikalischen Vorgänge in der Luft, z. B. auf die Sonnenstrahlung und Regenbildung, erheblich einwirken und ist deshalb wichtig.

2. Die Sonnenstrahlung.

Die Wärme, die durch die Sonnenstrahlen auf die Erde gelangt, ist die wichtigste Kraftquelle für die meteorologischen Vorgänge und deshalb müssen diese, sowie ihr Verhalten zur Lufthülle, näher untersucht werden.

A) Die Beschaffenheit der Sonnenstrahlen.

Die Sonnenstrahlen werden durch eine Wellenbewegung der Äthertheilchen, d. h. eines angenommenen Stoffes, der überall, auch im Weltraum, vorkommt, hervorgerufen, und zwar ist die Wellenlänge der Strahlen sehr klein, die Geschwindigkeit sehr groß, nämlich rund 300 000 km pro Sekunde. Nun ist das Sonnenlicht kein einheitliches Gebilde, sondern besteht aus Strahlen von verschiedener Wellenlänge. Diese verschiedenen langen Strahlen werden von den Menschen in verschiedener Weise wahrgenommen. Die Strahlen mit größter Wellenlänge empfinden wir als Wärme = ultrarote Strahlen; solche von mittlerer Wellenlänge sind Lichtstrahlen, solche von kleinster Wellenlänge chemische = ultraviolette Strahlen, d. h. sie bewirken chemische Umsetzungen (Photographie). Zwischen den Wärme- und chemischen Strahlen besteht ein allmählicher Übergang unter Verkleinerung der Wellenlänge. Diejenigen Lichtstrahlen, die den Wärme- oder ultraroten Strahlen am nächsten stehen, also die größte Wellenlänge haben, erscheinen dem Auge rot, dann folgen mit abnehmender Wellenlänge die gelben, grünen, blauen und violetten Lichtstrahlen. Schließlich hört mit dem Beginn der chemischen oder ultravioletten Strahlen unsere Lichtempfindlichkeit auf. Durch ein Glasprisma werden die Lichtstrahlen zerlegt, und es entsteht dann ein farbenreicher, Spektrum, das mit Rot beginnt und über Gelb, Grün, Blau zum Violett führt. An den Enden des Spektrums befinden sich die ultraroten, bzw. ultravioletten Strahlen. Dieselbe Zerlegung erfolgt durch den Wasserdampf der Luft bei der Regenbogenbildung, dessen Farben Spektralfarben sind.

B) Die Absorption der Sonnenstrahlen.

Die Sonnenstrahlen werden durch die Luft, namentlich durch die Kohlensäure und den Wasserdampf, teilweise verschluckt und zwar am stärksten die Strahlen mit kleinster Wellenlänge. Demnach nimmt die Absorption, von den ultravioletten Strahlen ausgehend, über die violetten bis zu den ultraroten Strahlen ab. Infolgedessen erklären sich folgende Erscheinungen.

Im Hochgebirge ist die Menge der chemischen Strahlen größer als im Tiefland, und deshalb ist die Wirkung auf photographische Platten dort stärker als hier. Auch erhält das Hochgebirge alles in allem mehr Licht als das Tiefland. So würde z. B. bei senkrechter Sonnenstellung (im Zenith) der Montblanc 94 % der von der Sonne entsandten Strahlen erhalten, Paris nur 68 %. Da ferner bei Tiefstand der Sonne die Strahlen größere Strecken durch die Atmosphäre zurückzulegen haben (Abb. 1), so werden diejenigen Strahlen, die am wenigsten verschluckt werden, — die roten — angereichert werden. Daher ist die Sonne bei Sonnenuntergang rot, bei Hochstand gelblich. Könnte man hoch genug emporsteigen, so würde sie grün und in noch größerer Höhe blau erscheinen.

Schließlich erklärt sich aus der Absorption durch den Wasserdampf die Erscheinung, daß in trockenen Regionen die Lichtfülle eine viel größere ist als in feuchten — ganz abgesehen von der Einwirkung der Wolken.

C) Die Dauer der Sonnenstrahlung.

Je länger die Sonne scheint, um so mehr Strahlen gelangen auf einen bestimmten Erdbaum. Die Dauer der Bestrahlung hängt von der geographischen

Breite und der Jahreszeit ab. In den Polargebieten ist der Wechsel der Tageslänge am größten, im Gleichergürtel am geringsten. Am besten unterrichtet der Hinweis auf die Beleuchtungsgürtel der Erde (Abb. 2).

1. In dem Gleichergürtel zwischen dem $23\frac{1}{2}^{\circ}$ N und S Breite — den Wendekreisen — steht die Sonne zweimal im Jahr senkrecht, an den Wendekreisen selbst nur einmal. Die Tageslänge liegt zwischen 12—13 $\frac{1}{2}$ Stunden.

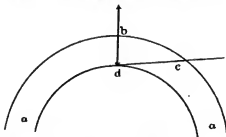


Abb. 1. Das Verschlucken der Lichtstrahlen bei verschiedenen Einfallswinkeln durch die Lufthülle.

a Lufthülle. $bd < dc$.

2. In dem Mittलगürtel zwischen den Wendekreisen steht die Sonne nie senkrecht, geht aber auch nie unter. Die Tageslänge liegt zwischen 0 und 24 Stunden.

3. In den Polarkappen geht die Sonne 1—183 Tage im Jahr nicht unter bzw. nicht auf.

In unseren Breiten wechselt die Tageslänge zwischen 9 und 15 $\frac{1}{2}$ Stunden.

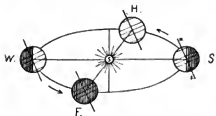


Abb. 2. Beleuchtungsgürtel.

S. = Sommer, H. = Herbst, W. = Winter,
F. = Frühling.

Außer der Tageslänge hängt die Dauer der Sonnenstrahlung von der Bewölkung und von Staubmassen ab, die sie zum größten Teil unwirksam machen können, z. B. in Wüsten und Lößgebieten.

D) Die Wirkung der verschluckten Strahlen.

Die verschluckten Strahlen werden von der Kohlensäure und dem Wasserdampf allmählich wieder abgegeben und erwärmen die Luft. Dieser Wärmeabgabe ist es zu verdanken, daß nachts keine so schnelle Temperaturabnahme erfolgt, als man es erwarten sollte, und daß letztere in trockenen Ländern tatsächlich größer ist als in feuchten.

Infolge der Einwirkung der Sonnenstrahlen auf die Lufthülle wird

nun eine Reihe von Veränderungen angeregt, auf denen die meteorologischen Vorgänge beruhen, und zwar bewirken die Strahlenveränderungen der Temperatur, des Luftdruckes, der Luftfeuchtigkeit und der Luftelektrizität. Diese Vorgänge sollen nun im folgenden der Reihe nach besprochen werden.

Kapitel III.

Die Wirkungen der Sonnenstrahlung.

1. Die Temperatur.

A) Physikalische Grundbegriffe und Gesetze.

Wenn man die Einwirkung der Sonnenstrahlen auf die Temperatur der Lufthülle verstehen will, so ist die Kenntnis einiger physikalischer Grundbegriffe notwendig.

Grammkalorie. Eine Wärmeeinheit oder Kalorie ist die Wärmemenge, die notwendig ist, um 1 g = 1 cbcm Wasser um 1° C zu erwärmen.

Spezifische Wärme. Unter spezifischer Wärme eines Stoffes versteht man die Zahl von Grammkalorien, die notwendig ist, um 1 Gramm des Stoffes um 1° C zu erhöhen. Folgender Versuch ist geeignet, den Begriff zu erläutern.

Man schüttet 200 g Eisenspäne von 100° C. in 200 g Wasser von 0° C. Eisen und Wasser werden dann 10,2° C wärmer. Also hat das Eisen 89,8° abgegeben, um eine Erwärmung des Wassers um 10,2° C zu bewirken. Das Verhältnis $\frac{10,8}{89,8} = 0,114$ ist die spezifische Wärme des Eisens. 0,114 Grammkalorien sind demnach notwendig, um 1 g Eisen um 1° C zu erwärmen.

Unter allen festen und flüssigen Körpern besitzt das Wasser die größte spezifische Wärme, d. h. kein Körper ist so schwer zu erwärmen wie das Wasser. Die Folge dieser Eigenschaft ist die, daß durch eine bestimmte Wärmemenge eine Wassermasse, z. B. das Meer, langsamer erwärmt wird als irgend ein anderer Körper von gleichem Gewicht, z. B. das Land. Wenn aber Wasser eine bestimmte Temperatur erlangt hat, so enthält es mehr Kalorien als irgend ein gleich warmer und schwerer Körper, kann also auch mehr Wärme abgeben. Außerdem gibt das Wasser seine Wärme langsamer als andere Körper ab. Daraus folgt nun der wichtige Satz: das Wasser erwärmt sich unter gleichen Bedingungen langsamer als das Land, hält die Wärme aber länger und gibt mehr Wärme zurück als das Land. Deshalb ist die Temperatur über dem Meere gleichmäßiger als auf dem Lande.

Absorption und Ausstrahlung. Dunkle und raue Körper verschlucken in höherem Grade die auffallenden Wärmestrahlen, erhitzen sich also stärker als helle und glatte. Demgemäß strahlen erstere mehr Wärme wieder aus als letztere. Dafür ist umgekehrt die Reflektion, d. h. das Abprallen der Wärmestrahlen — wie auch das der Lichtstrahlen — bei hellen und glatten Körpern am stärksten. Diese Verhältnisse erklären es, warum sich verschiedenfarbige Felsen verschieden stark erhitzen.

Verschieden gefärbter trockener Lockerboden, z. B. Sand, Ton und trockener Moorboden verhalten sich nicht anders als festes Gestein, erhitzen sich aber wegen ihres Luftgehaltes viel weniger stark.

Die von dem Boden tagsüber erhaltene Wärme strahlt nachts wieder aus. Die Ausstrahlung in den Weltenraum wird aber durch eine Wolkendecke verhindert oder doch eingeschränkt. Deshalb sind sternhelle Nächte kälter als solche mit bedecktem Himmel. Bei dünner Luft ist die Ein- und Ausstrahlung viel bedeutender als bei dichter, schwerer Luft; jene wachsen also mit der Meereshöhe.

Verhalten der Gase bei Temperaturveränderung. Bei der Erwärmung dehnen sich alle Gase aus. Infolgedessen wird ihre Dichte geringer, also werden sie leichter und steigen empor, bis sie in eine gleich schwere Umgebung kommen. Umgekehrt sinken abgekühlte Gase hinab. Die Luft verhält sich genau so.

Allein außer der durch Erwärmung von außen hervorgerufenen Temperaturveränderung gibt es auch solche infolge veränderten Druckes und veränderter Dichte. Wenn Gase infolge von Druckerleichterung sich ausdehnen, so kühlen sie sich ab. Umgekehrt erwärmen sie sich, wenn sie sich infolge von Zunahme des Druckes verdichten. Demnach muß künstlich erwärmte, aufsteigende Luft sich abkühlen, und kalte, absteigende Luft sich erwärmen. Die Abkühlung bzw. Erwärmung beträgt für trockene Luft pro 100 m 1°C .

Verdunstungskälte. Um eine Flüssigkeit zur Verdunstung zu bringen, d. h. um sie in Gas zu verwandeln, ist Wärme notwendig, die verbraucht wird. Umgekehrt wird Wärme frei, sobald sich ein Gas zu Flüssigkeit verdichtet. Wenn nun feuchte Luft aufsteigt und sich abkühlt, scheidet sie infolge der Temperaturniedrigung ein Teil des Wasserdampfes als Flüssigkeit ab, und dabei wird Wärme erzeugt. Diese frei werdende Wärme erwärmt die Luft. Infolgedessen ist die Temperaturabnahme langsamer als 1°C pro 100 m, nämlich etwa $\frac{1}{2}^{\circ}$. Bei absteigender Luft tritt dagegen pro 100 m tatsächlich eine Temperaturerhöhung von 1°C ein, gleichgültig, ob die Luft feucht oder trocken ist.

Damit hätten wir die wichtigsten physikalischen Gesetze, denen die Luft bei Temperatureinflüssen ausgesetzt ist, besprochen und sind nun in der Lage, die Wirkung der Sonnenstrahlen zu verstehen.

Konvektionsströmungen. Jeder Leser kennt die Erscheinung, daß an einem heißen Sommertage die unteren Luftschichten flimmern und zittern. Er weiß auch, daß aufsteigende heiße Luft diese Bewegungen hervorruft. Vielleicht ist es aber weniger bekannt, daß diese aufsteigenden heißen Luftströme — die Konvektionsströmungen — es sind, die die Erwärmung der unteren Luftschichten bewirken. Die Luft verschluckt zwar etwas von den Wärmestrahlen des sie passierenden Sonnenlichtes, aber nur sehr wenig. Der Erdboden dagegen nebst der Pflanzendecke und allen anderen Gegenständen auf ihm erhitzen sich kräftig, senden dann aber einen Teil der Wärme wieder aus. Diese ausgestrahlte Wärme ist es, die die Luft erhitzt. So steigen denn heiße Luftsäulen — oder Konvektionsströme — auf, während von oben kalte Luftsäulen zwischen den heißen absteigen, und so geht das Spiel fort, solange die Erhitzung des Bodens anhält. Die Erwärmung der unteren Luftschichten durch die Konvektionsströmungen erstreckt sich im allgemeinen etwa bis auf 1000 m aufwärts.

B) Der tägliche Temperaturgang.

Mit Sonnenaufgang beginnt die Erwärmung des Erdbodens und die der unteren Luftschichten durch Konvektion. Anfangs ist die Erwärmung gering. Denn einmal werden bei Tiefstand der Sonne von der Lufthölle mehr Sonnenstrahlen verschluckt, sodann aber fällt, wie Abb. 3 zeigt, auf eine bestimmte Fläche die größte Strahlmenge bei senkrechtem Ein-

fall und nimmt mit geringerem Einfallswinkel wieder ab. Der Sonne zugekehrte Gehänge werden deshalb am kräftigsten erwärmt, der Sonne abgekehrte dagegen am wenigsten, selbst bei Hochstand der Sonne. Erst bei senkrechter Sonnenstellung fällt jeder Unterschied fort, und nur der Böschungswinkel des Bodens ist noch wirksam. So kommt es, daß die Erhitzung des Bodens und der unteren Luftschichten bis Mittag und etwas darüber — nämlich 2^h pm — am stärksten ist und am Nachmittag abnimmt.

Wenn man den täglichen Gang der Temperatur in Form einer Kurve zeichnet, indem man auf einem Koordinatensystem auf der Ordinate die Temperatur und auf der Abszisse die Stunden abträgt, so erhält man eine

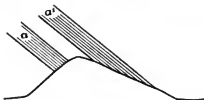


Abb. 3. Wirksamkeit der Bestrahlung bei verschiedenem Einfallswinkel.
Strahlenbündel $a = a'$.

Kurve, die um 2 Uhr nachmittags ihren Gipfel erreicht, um dann bis zum Sonnenaufgang, anfangs schnell, dann langsamer abzufallen. Vor Sonnenaufgang bis 2^h pm steigt sie wieder schnell an. Den Unterschied zwischen der höchsten und niedrigsten Temperatur nennt man die Amplitude des täglichen Temperaturganges.

Wenn man aus den täglichen Amplituden des Beobachtungsjahres das Mittel berechnet, indem man die Summe aller Amplituden durch die Zahl der Tage dividiert, so erhält man die mittlere tägliche Amplitude. Wenn man nun aus den mittleren täglichen Amplituden einer großen Anzahl von Beobachtungsjahren das Mittel bildet, so nähert sich der Wert immer mehr dem der wirklichen mittleren Amplitude, weil Ausnahmen immer mehr ausgeschaltet werden, und Gegensätze sich aufheben. In gleicher Weise kann man mittlere tägliche Amplituden der Monate oder einzelner Tage berechnen.

Die tägliche Amplitude wird durch mehrere Einwirkungen stark beeinflusst, sodaß sie in den verschiedenen Gegenden verschieden ist und auch an ein und demselben Punkt sich ändert. Folgende Einwirkungen sind die wichtigsten.

a) Geographische Breite. Infolge des verschiedenen Einfallswinkels, der in dem Gleichergürtel ganz oder annähernd senkrecht, in den Polarkappen dagegen nur flach ist, nimmt das mittägliche Ansteigen der Kurve von den Polen bis zum Gleich ab und damit auch die Amplitude, soweit sie durch die Sonnenstrahlung bedingt ist.

b) Die Beschaffenheit der Luft. Wichtig ist das Vorhandensein oder Fehlen von Wolken, Dunst und Staub. Diese hindern die Bestrahlung des Bodens und damit seine Erwärmung und die der Luft. Daher steigt die Kurve mittags nicht so hoch an wie bei klarem Himmel. Umgekehrt ist nachts die Ausstrahlung und damit die Abkühlung bei bedecktem Himmel geringer als bei klarem. (Abb. 1.)

c) Der Wind wirkt auf die tägliche Amplitude ein, indem er einmal eine stärkere Zufuhr kalter Luft von oben her begünstigt und ferner die Ver-

dunstung der Feuchtigkeit — z. B. des Bodens und der Pflanzendecke — steigert und damit gleichfalls Abkühlung bewirkt.

d) Die Jahreszeiten. Im Sommer bewirkt in den Subtropen, in unseren Breiten und in den Polargebieten der hohe Sonnenstand mittags eine stärkere Erwärmung der Luft und damit wächst die Amplitude. (Abb. 4.) In den Tropen dagegen hat die Regenzeit wegen der Bewölkung eine ge-

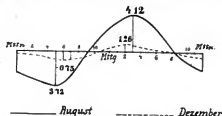


Abb. 4. Amplitude des täglichen Temperaturganges im Sommer und Winter nach Hann).

ringere Amplitude. (Abb. 5.) In der kalten Jahreszeit vertieft eine Schneedecke durch Ausstrahlung die Nachtkurve, setzt aber auch die Erwärmung mittags herab, da die Sonnenwärme zum Schmelzen des Schnees verwandt wird.

e) Beschaffenheit der Bodendecke. Trockener Fels und Erdboden erhitzensich stärker als nasser oder mit viel Pflanzen bedeckter Boden, strahlen dafür nachts aber auch rascher und gründlicher Wärme aus. Die

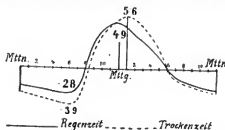


Abb. 5. Amplitude des täglichen Temperaturganges in der Regen- und Trockenzeit (nach Hann).

schlechte Wärmeleitung der Pflanzen, die Beschattung des Bodens und die durch Verdunstung der Feuchtigkeit erzeugte Abkühlung sind die Ursachen der geringen Erhitzung nassen und mit Pflanzen bedeckten Bodens. Dagegen erhitzen sich trockene, an Pflanzen arme Gebiete, z. B. Wüsten und Steppen am Tage stärker, und nachts kühlen sie sich stärker ab als feuchte Gebiete mit dichter Pflanzendecke. Erstere haben stark schwankende, letztere gleichmäßigere Temperaturen. Kahler, trockener Erdboden erhitzt sich mehr als nasser Moorboden, trotz der schwarzen Farbe. Denn die Farbe spielt, wie wir sahen, bei der Erhitzung auch eine große Rolle. Am geringsten ist die Erhitzung der Luft über Wasser, z. B. über dem Meer, weil das Wasser viel Wärme bindet. Dafür gibt es nachts aber auch viel Wärme ab, sodaß über dem Meer die tägliche Amplitude geringer ist als auf dem Lande.

f) Die Meereshöhe. Wie wir sahen, wächst die Stärke der Ein- und

Ausstrahlung mit der Luftverdünnung, also der Meereshöhe. Demgemäß ist die Besonnung auf hohen Bergen wirksamer als im Tiefland. Damit ist aber keineswegs gesagt, daß die Erwärmung der Luft energischer sein muß. Es kommt nämlich ganz wesentlich an auf die

g) Oberflächengestaltung der Erdrinde. Ganz allgemein gilt der Satz, daß über gewölbten Formen — Bergücken und Gipfeln — wegen Mangel an Bodenfläche die tägliche Amplitude geringer ist als über Ebenen und Hohlformen. Auf hohen Berggipfeln ist die Sonnenstrahlung zwar sehr stark, allein da dort nur wenig fester Boden zur Verfügung steht, ist die Konvektion gering, und es erwärmt sich die Luft nicht erheblich; obendrein wird sie durch Winde leicht verweht. Nachts aber fließt die durch die Ausstrahlung abgekühlte Luft, weil schwerer geworden, an den Gehängen abwärts in die Täler, und neue, warme Luft steigt dafür empor. Deshalb haben Berggipfel eine geringe tägliche Amplitude. Anders verhalten sich hohe Tafelflächen und breite Hochtäler, die genug Bodenfläche zur Entwicklung von Konvektionsströmen haben. Dort erhitzt sich die Luft am Tage stark; nachts aber wirkt die Ausstrahlung energisch auf die ruhende oder wenig bewegte Luft, zumal wenn von den hohen, benachbarten Gebirgen her noch kalte Luft zuströmt.

Faßt man die Wirkung der verschiedenen Kräfte zusammen, so erklärt sich die Erscheinung, daß im allgemeinen von den Meeren nach dem Innern der Erdteile und von den Polen nach dem Gleicher hin die tägliche Amplitude zunimmt. Desgleichen nimmt sie vom Tiefland zum Hochland und von feuchten zu trockenen Gebieten zu. Als Beispiele mögen folgende Angaben dienen.

Tägliche Amplitude.

Einfluß der geographischen Lage und Meereshöhe.

1. Polares Klima: Polarisbay (Grönland) $1,6^{\circ}\text{C}$.
2. Gemäßigtes, mittleres Breiten-Seeklima: Kopenhagen $3,7^{\circ}$.
3. Äquatoriales Seeklima: Batavia $5,9^{\circ}\text{C}$.
4. Bergklima: Sonnblick (3100 m) $1,4^{\circ}\text{C}$.
5. Meerfernes Tiefland: Kasan $5,1^{\circ}\text{C}$.
6. Meerfernes Hochland: Tibet $17,1^{\circ}\text{C}$.

Einfluß der Regenzeit.

- S. José in Costa rica: Trockenzeit $9,5^{\circ}$ | Unterschied: $1,8^{\circ}\text{C}$.
 „ „ „ „ Regenzeit $7,7^{\circ}$

Einfluß der Bewölkung.

- Paris im April, heiter: $17,1^{\circ}$ | Unterschied: $11,2^{\circ}\text{C}$.
 „ „ „ „ trüb: $4,3^{\circ}$

C) Der jährliche Temperaturgang.

Der jährliche Temperaturgang wird in der Weise dargestellt, daß aus den Monatsmitteln die Temperaturkurve, gerade so wie aus den Stunden die Tageskurve, gezeichnet wird. Den Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Monatsmittel nennt man die jährliche Temperaturschwankung. Das Mittel aus vielen Beobachtungsjahren ist die mittlere jährliche Temperaturschwankung. Die Unterschiede zwischen Tag und Nacht, sowie der Einfluß der Faktoren a—e (S. 7/8) kommt in den Monatsmitteln und damit in der mittleren jährlichen Temperaturschwankung nur in abgeschwächter Form zum Ausdruck. Für die Charakteristik des Klimas ist die Klimaschwankung sehr wichtig. Die Tropen, die hohen Berge und die Meere, eingeschl. die Küsten mit vorherrschenden Seewinden, haben eine

geringe Schwankung, am stärksten das Innere der Erdteile, namentlich hohe Tafelländer und Hochtäler. Kalte Winter und heiße Sommer sind dort die Regel. Die Ursache ist die, daß sich das Land, im Gegensatz zum Meer, stärker erhitzt und abkühlt. Daher nimmt im allgemeinen die Temperaturschwankung mit der Entfernung von der Küste zu. Mit der Höhe steigern sich aber Besonnung und Ausstrahlung — daher die Zunahme der Schwankung mit der Höhe, falls eine breite Landmasse vorhanden ist. Nach der jährlichen Klimaschwankung teilt man die Klimate in 4 Gruppen:

Äquatorial- und Seeklima mit 0—15° jährl. Temperaturschwankung.

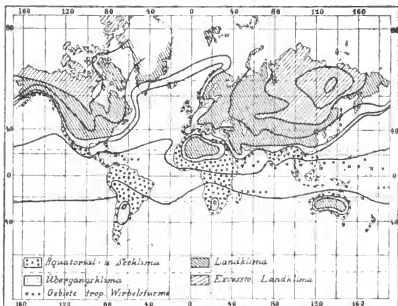
Übergangsklima „ 15—20° „ „

Landklima „ 20—40° „ „

Exzessives Landklima „ über 40° „ „

Die Verbreitung dieser Gürtel zeigt die Karte 1 (nach Supan).

Extreme Temperaturen. Wichtiger als Mitteltemperaturen sind für den Geographen die extremen Temperaturen, die größte Hitze und Kälte der einzelnen Tage und der Monatsmittel. Denn die Pflanzenwelt,



Karte 1. Jährliche Temperaturschwankung (nach Supan).

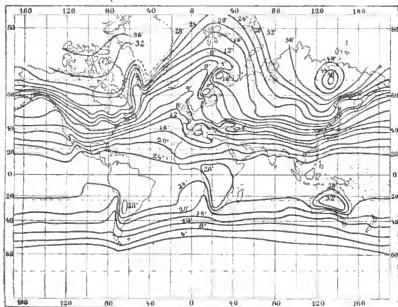
Äquatorial- und Seeklima 0—15° jährl. Temperaturschwankung, Übergangsklima 15—20° jährl. Temperaturschwankung, Landklima 20—40° jährl. Temperaturschwankung, Exzessives Landklima über 40° jährl. Temperaturschwankung.

die Tiere, der Mensch und seine Kulturen werden gerade durch die extremen Temperaturen — z. B. Frost — oftmals stark beeinflusst, und das Klima wird schärfer durch sie ausgedrückt als durch Mittelwerte.

D) Die Isothermen.

Die Temperatur der Luft nimmt mit der Meereshöhe ab, und zwar kühlt sich, wie wir sahen, trockene Luft um 1°, feuchte um etwa $\frac{1}{2}$ ° pro 100 m ab.

Übrigens ist der Wert in den verschiedenen Monaten wechselnd. Als Mittel setzt man gewöhnlich $0,55^{\circ}\text{C}$ in Rechnung. Wenn man nun die Temperatur verschieden hoher Orte miteinander vergleichen will, so muß man den Einfluß ihrer Höhenlage beseitigen, indem man die Temperaturen auf das Meeresniveau reduziert; d. h. bei den Monats- und Jahresmitteln zählt man pro



Karte 2. Januar-Isothermen (nach Hann).

100 m $0,55^{\circ}$ zu dem gefundenen Wert zu. Ist z. B. ein Ort mit der Jahrestemperatur 12° 1400 m hoch, so ist seine auf das Meeresniveau reduzierte Temperatur $12^{\circ} + 14 \cdot 0,55 = 12 + 7,7 = 19,7^{\circ}$.

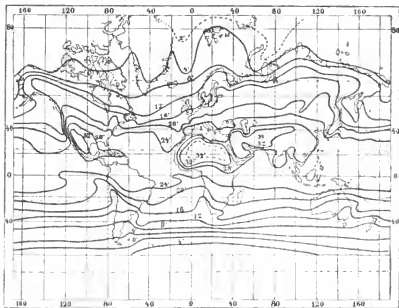
Die Linien, die die Punkte mit gleicher reduzierter Temperatur verbinden, heißen Isothermen; man kann diese für die einzelnen Tage, Monate oder Jahre berechnen und einzeichnen.

Die Jahresisothermen zeigen die mittlere Jahrestemperatur, die die Erde hätte, wenn alle Orte im Meeresniveau lägen. Wichtiger sind aber doch die Monatstemperaturen und zwar die der extremen Monate Juli und Januar. Namentlich der Gegensatz zwischen dem Verhalten der Meere und Festlandmassen, bes. die halbjährige Temperaturumkehr auf letzteren, fällt auf.

Januar-Isothermen. (Karte 2.) Im Januar steht die Sonne über dem südlichen Wendekreis (Steinbock) und erhitzt die 3 Südkontinente; daher übersteigt die Monatstemperatur dort 30°C . Die 20° Isotherme berührt die Südküste Australiens, Afrikas und kreuzt Argentinien und Chile. Die 10° Isotherme geht durch das Feuerland. Auf der nördlichen Halbkugel sind Asien, Grönland und Nordamerika äußerst kalt (-35° bis 45°), von da nimmt die Temperatur bis zum südlichen Wendekreis ab. Allein die Isothermen werden in ihrem Verlauf durch die Meeresströmungen (Karte 10) stark gestört, auf der südlichen, besonders

an der Westküste Südafrikas, durch den kalten Benguellaström, in Südamerika aber durch den Perustrom. Auf der nördlichen Halbkugel aber macht sich in Ostasien der warme Kurosiwo und im Nordatlantischen Ozean der Golfstrom bzw. seine Fortsetzung, die atlantische Strömung, so stark geltend, daß nördlich des Nordkaps über dem Meere dieselbe mittlere Temperatur herrscht, wie in Neufundland, Chicago und Peking. Man verfolge den Lauf der einzelnen Isothermen, man vergleiche die Temperaturen auf jedem Breitengrade, und man wird leicht die gewaltigen Unterschiede erkennen. So hat z. B. auf dem nördlichen Wendekreis das Innere von Kanada — 30°, Grönland — 35°, Island — 2°, Norwegens Küste 0°, das Weiße Meer — 12°, Ostsibirien — 45°, die Beringstraße — 22°.

Im Juli (Karte 3) steht die Sonne über dem nördlichen Wendekreis (Krebs). Die Nordkontinente sind enorm erhitzt, + 30 bis 35°. Besonders auffallend ist das Gebiet von der Westsahara bis nach China und zum Felsen-



Karte 3. Juli-Isothermen (nach Hann).

gebirgstafelland. Die Nullgrad-Isotherme ist in die nördliche Polarkappe gedrängt. Auf der südlichen Halbkugel berührt sie dagegen fast Kap Horn. Mit dem Erreichen des Süderteils nimmt die Kälte schnell zu, und dort werden vielleicht die niedrigsten Temperaturen auf der Erde überhaupt erreicht. Die Wirkung der Meeresströmungen ist auf der nördlichen Halbkugel abgeschwächt, auf der südlichen aber verstärkt, wie man aus dem stärkeren Aufsteigen der Isothermen an der Westküste von Südamerika und Südafrika erkennt. Demnach wirken jene im Winter am stärksten ein.

E) Die Temperaturgürtel. (Karte 4.)

Um die Wärmeverhältnisse der Erde in großen Zügen zu gliedern, hat man 5 Temperaturgürtel aufgestellt. Zwischen den Jahresisothermen von

20° liegt der warme oder heiße Gürtel, die Tropen und Subtropen im wesentlichen umfassend. Die kühle Beschaffenheit der Westseite der südlichen des Gleichers gelegenen Erdteile kommt durch sie klar zum Ausdruck. Die Linie höchster Temperatur — der thermische Äquator oder Wärmegleicher — liegt überwiegend auf der nördlichen Halbkugel, steigt



Karte 1. Temperaturgürtel (nach Supan).

in Mexiko sogar bis über den Wendekreis hinauf. Nur über dem westlichen Atlantischen und Pazifischen Ozean geht er auf die südliche Halbkugel bis zum 10° S Br. über.

Die heiße Zone wird von den beiden gemäßigten Zonen oder Mitteltgürteln eingeschlossen. Diese werden auf der polaren Seite von der 10° Isotherme des wärmsten Monats begrenzt. Letztere ist deshalb gewählt, weil sie mit der Waldgrenze und der Grenze des Getreidebaus annähernd zusammenfällt. Auf der südlichen Halbkugel läßt sie nur das Feuerland, auf der nördlichen die Nordränder der Festländer nebst Island und Grönland frei.

F) Isanomalien.

Ganz kurz sei wenigstens der Begriff der „Isanomalien“ erörtert, dessen Kenntnis in landeskundlichen Werken oft vorausgesetzt wird. Man kann für jeden Breitengrad die Temperatur berechnen, die er seiner Bestrahlung durch die Sonne entsprechend haben würde, falls keine störenden Einflüsse eintreten würden. Die Abweichung der tatsächlichen mittleren Temperatur von der theoretischen ist die Temperaturanomalie eines Ortes. Die Linien gleicher Abweichung aber sind die Isanomalien. Eine Karte der Isanomalien läßt die Gebiete, die zu warm oder zu kalt sind, hervortreten. Im allgemeinen sind die Festländer im Sommer zu warm, im Winter zu kalt, die Meere aber, je nach den Strömungen, dauernd zu warm

oder zu kalt. Die Meerestemperatur wirkt aber auf die Küstengebiete der Festländer ein und macht auch sie dauernd zu warm oder zu kalt.

2. Luftdruck und Winde.

A) Die Schwere der Luft.

Man füllt eine an einem Ende geschlossene Glasröhre von 1 qcm Querschnitt mit Quecksilber, steckt sie, indem man sie am offenen Ende mit einem Finger verschließt, mit diesem offenen Ende in eine Schale mit Quecksilber und zieht dann den Finger fort. Dann sinkt das Quecksilber in der Glasröhre bis zu einer bestimmten Höhe, die sich auch bei Schiefstellung nicht ändert. Diese Höhe der Quecksilbersäule ist im Meereaniveau im all-

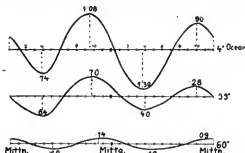


Abb. 6. Tägliche Luftdruckschwankung in verschiedenen Breiten (nach Hann).

gemeinen 762 mm, wird aber umso geringer, je höher man sich über dem Meere befindet. Die Schwere der Luft hält nämlich der Quecksilbersäule das Gleichgewicht. Sobald wir in die Höhe steigen, nimmt das Gewicht der Luft und damit die Höhe der Quecksilbersäule ab. Im allgemeinen beträgt diese Abnahme pro 11 m Steigung 1 mm, der Wert wächst aber mit wachsender Höhe. Diesen Wert, d. h. die Meterzahl, die man steigen muß, damit das Quecksilber um 1 mm sinkt, nennt man die barometrische Höhenstufe. Sie ist für die Berechnung der Höhen mittelst des Barometers von entscheidender Wichtigkeit.

B) Das Schwanken des Luftdruckes.

Der Luftdruck ist nirgends beständig, schwankt vielmehr hin und her. Hier sei zunächst nur auf die tägliche Luftdruckschwankung hingewiesen. Täglich zeigt der Luftdruck ungefähr um 4 am und 4 pm einen Tiefstand und um 10 am und 10 pm einen Hochstand (Abb. 6). Dieses Schwanken ist im Gleichergürtel am größten und regelmäßigsten und nimmt von da nach den Polen zu ab. Es handelt sich um noch wenig geklärte Druckschwankungen mehrerer Ordnungen. Im Gleichergürtel beträgt die Abweichung vom mittleren Luftdruck nach jeder Seite etwa 1—1½ mm, auf dem 60° nur noch 0,1 mm. Für die Klimakunde hat sie kaum Bedeutung, wohl aber für die Höhenmessungen.

C) Allgemeine Beziehungen zwischen Temperatur, Luftdruck und Winden.

Von großer Wichtigkeit ist die Einwirkung der Temperatur auf den Luftdruck. Wir wissen bereits, daß erhitzte Luft aufsteigt — z. B. an einem

Ofen —, daß kalte Luft dagegen niedersinkt — z. B. an einem Fenster innerhalb des Zimmers. Denn warme Luft ist leichter als kalte. Mit der Temperatur verändert sich aber auch der Luftdruck. Nehmen wir an, in einem Meere liegt die Insel L (Abb. 7). Der Luftdruck sei ganz gleichmäßig verteilt, d. h. in der Ebene a—a 760 mm, in der Ebene b—b 750 mm usw. Die Ebenen, in denen der Druck gleich ist — d. h. also die Flächen gleichen Druckes — liegen parallel der Meeresfläche. Nun wird die Insel erhitzt und durch Konvektion die Luftschichten a—a, b—b usw. erwärmt. Diese dehnen sich aus, so daß der Luftdruck 760 mm jetzt in der Ebene a—a'—a, der Luftdruck 750 in der Ebene b—b'—b usw. liegt. Nun folgt aber die Luft denselben Gesetzen der Schwere wie Flüssigkeiten. Wie Wasser den Berg hinabfließt, so fließt die schwere Luft der Gegend a', b' usw. nach allen Seiten ab (Bewegung I). Infolgedessen steigt erwärmte Luft von der Insel her in der erhitzten Säule nach oben (Bewegung II). Daher sinkt der Luftdruck über der Insel und im Meeresniveau strömt von den Seiten Luft nach (Bewegung III). Da nun die Luft im Umkreis der erhitzten Luftsäule durch von a', b', usw. zuströmende Luft beschwert wird, so strömt zum Ersatz der infolge der Strömung III im Meeresniveau entweichenden Luft von oben andere Luft nach (Bewegung IV). So entsteht ein Kreislauf. Von allen Seiten strömt die Luft in die Luftsäule über der Insel, wie in einen Schornstein hinein, strömt oben ab und steigt wieder zur Meeresfläche hinab.

In der Nacht tritt die umgekehrte Luftbewegung ein. Der Luftdruck wird über der erkaltenden Insel höher als über dem warmen Meer, und demgemäß entwickelt sich ein Landwind dicht über dem Meer und ein Seewind in der Höhe. (Abb. 7, unten.)

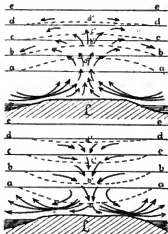


Abb. 7. Entwicklung des Luftdrucks und der Winde über einer Insel am Tage (oben) und in der Nacht (unten).

a-a, b-b usw. Flächen gleichen Luftdrucks.

D) Allgemeines Gesetz über die Windrichtung.

Wenn Luft in ein Gebiet geringeren Druckes strömt, so entwickelt sich eine Kreisbewegung infolge der Erdumdrehung. Das Buys-Ballot'sche Gesetz gibt hierüber Auskunft; es lautet folgendermaßen:

Die Luft strömt aus Gebieten hohen Druckes nach solchen niedrigen Druckes und wird dabei durch die Erdumdrehung auf der nördlichen Halbkugel — in der Richtung des Windes blickend — nach rechts, auf der südlichen nach links abgelenkt.

Jedes am Gleicher befindliche Luftteilchen hat infolge der durch die Erdumdrehung bedingten Fliehkraft eine eigene Geschwindigkeit, die bewirkt, daß es sich ebenso schnell wie die Erdoberfläche nach Osten hin bewegt. Es würde z. B. in Abb. 8 in einer Zeit t ebenso schnell wie die Erdoberfläche von a nach a' gelangen. Nun nimmt aber die Fliehkraft und damit die Geschwindigkeit der Luft ebenso wie die Bewegung der Erdoberfläche vom Gleicher nach den Polen hin ab. Auf dem Breitengrad b oder c legt die Luft in der Zeit t nur die Strecke $bb^1 = ab^2$, bzw. $cc^1 = ac^2$ zu-

rück. Wenn also eine Luftmasse vom Äquator nach Norden eilt, so kommt sie in Gebiete mit immer geringerer Eigenbewegung; sie eilt also nach Osten voraus. Den Breitengrad b erreicht sie also z. B. nicht in dem Punkt b , sondern schon in x , den Grad c aber in y . Demnach verwandelt sich der ursprüngliche Südwind in einen Südwest- und schließlich Westwind. Damit ist aber auch der Höhepunkt der Ablenkung erreicht, und der Wind läuft

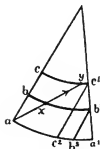


Abb. 8. Ablenkung eines Südwindes in einen Südwestwind auf der nördlichen Halbkugel.

$$cc' = ac^2, bb' = ab^2.$$

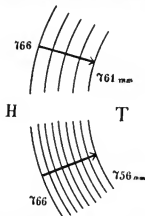


Abb. 9. Luftbewegung auf dem Gradienten = parallel dem Druckgefälle.

fortan auf demselben Breitengrad weiter. Ein nach Süden abfließender Wind würde umgekehrt nach links abgelenkt werden und sich in einen NW-Wind und schließlich in einen Westwind verwandeln. Also erfolgt eine Ablenkung auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links. Das ist ein wichtiger Satz!

Gesetze über die Windstärke. Vier Gesetze haben allgemeine Gültigkeit:

a) Das Stevenson'sche Gesetz. Die Windstärke ist abhängig von dem Gradienten — d. h. dem Luftdruckunterschied, gemessen senkrecht zu den Isobaren. Je steiler der Gradient ist, desto stärker ist der Wind (Abb. 9). Dieser Satz ist leicht verständlich. Je steiler das Flußbett, umso größer die Geschwindigkeit des Wassers. Bei den Luftströmungen ist es nicht anders. Allein dieses Gesetz erleidet durch besondere Verhältnisse Abänderungen.

b) Seewinde sind stärker als Landwinde. Auf der See ist die Reibung geringer als auf dem Lande mit seinen Bergen, Tälern und Wäldern. Folgendes Beispiel mag das zeigen. Die mittlere Windstärke ist nach Loomis:

im Binnenland von Nordamerika	... 13,1 km pro Stunde,
an der Ostküste	... 15,9 " " "
auf dem Atlantischen Ozean	... 47,9 " " "
an der europäischen Westküste	... 19,8 " " "
im Binnenland	... 12,7 " " "

c) Zunahme der Windstärke mit der Höhe. Wegen der Reibung ist die Windstärke am Boden geringer als in der Höhe. Auf dem Eiffelturm (200 m) z. B. ist die mittlere Windstärke 8,7 m pro Sekunde, am

Boden nur 2,15. So erklärt es sich, daß die Windstärke auf Bergen viel bedeutender ist als in der Tiefe. Während sie z. B. auf dem Eiffelturm 8,7 m pro Sekunde ist, erreicht sie auf dem Puy de Dome 12,4 m.

d) Wechsel der Windstärke in Ebenen. Nachts ist die Windstärke meist gering, nach Sonnenaufgang erhebt sich aber der Wind, erreicht am frühen Nachmittag seinen Höhepunkt und flaut gegen Abend ab. Diese tägliche Periode ist in der heißen Jahreszeit am ausgesprochensten. Die Erscheinung findet nach Espy und Köppen die Erklärung darin, daß nachts eine kalte, stagnierende Luft über dem Erdboden liegt, und der Wind in größerer Höhe bläst. Im Tage aber verursachen die aufsteigenden Konvektionsströmungen ein Absteigen der starkbewegten Höhenluft. Mit der Konvektion enden die absteigenden Winde am Nachmittag.

e) Wechsel der Windstärke auf hohen Bergen. Die tägliche Periode ist umgekehrt wie in den Ebenen. Nachts ist die Windstärke am größten, tagsüber am geringsten. Die Umkehr der Geschwindigkeit erfolgt in Ebenen schon in ca 50 m über dem Erdboden, d. h. in 50 m Höhe hat man über Ebenen schon die gleichen Verhältnisse wie auf hohen Bergen.

f) Windstärke und Flächensatz. Wenn sich eine Luftmasse aus niederen nach höheren Breiten bewegt, so wird der ihr zur Verfügung stehende Raum immer kleiner, da ja der Abstand zwischen den Längengraden immer kleiner wird. Man vergleiche in Abb. 10 die Gestalt der beiden gleich

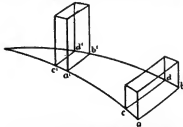


Abb. 10. Gestaltveränderung einer Luftmasse bei Bewegung vom Äquator nach Norden.

großen Körper über $a b c d$ und über $a' b' c' d'$. Infolgedessen wird die Luft einmal das Bestreben haben, nach oben auszuweichen (Abb. 10). Sodann aber tritt eine Beschleunigung ein, da die Luft den Verlust an Raum durch Geschwindigkeit zu ersetzen sucht. Auf diesem Vorgang beruht ja die Wirkung der Spritze. In gleicher Weise wächst bei Einengung eines Flußbettes die Strömung des Wassers. Wenn also Luft nach den Polen zu weht, hat sie die Neigung, eine größere Geschwindigkeit anzunehmen, umgekehrt aber diese zu verringern, wenn sie gleichertwärts fließt.

E) Allgemeine Luftbewegung.

Die Erde wird in dem Tropengürtel am stärksten erhitzt, dort steigt die Luft auf und fließt nach den Polen hin ab. Stünde die Erde still, so würde sich in den oberen Luftschichten eine polwärts, auf der Erdoberfläche aber eine gleichertwärts gerichtete Luftströmung auf jeder Halbkugel entwickeln. Infolge der Umdrehung der Erde wird aber eine verwickeltere Anordnung von Luftdruckgürteln und Winden verursacht.

Das Muster der Luftdruckgürtel.

Betrachten wir zunächst die idealen Luftdruckgürtel. (Abb. 11.) Im Tropengürtel herrscht ein verhältnismäßig geringer Druck — etwa

758 mm im Mittel = K — dann folgt auf jeder Seite, ungefähr im Bereich des 30° , je ein Hochdruckgürtel, die beiden Subtropengürtel, mit etwa $762\frac{1}{2}$ mm Luftdruck (=R). Darauf folgt je ein Tiefdruckgebiet, das der subpolaren oder gemäßigten Gürtel mit etwa 758 mm (= W) und schließlich in den Polarkappen je ein neues Hochdruckgebiet, das in der Arktis schwach, in der Antarktis aber stärker entwickelt ist. (= O.)

Die Erklärung der verschiedenen Luftdruckgürtel.

Infolge der Erdumdrehung wird die in dem Gleichergürtel aufsteigende und nach den Polen abfließende Luft in einen Westwind verwandelt und hat gleichzeitig infolge der oben beschriebenen Einengung das Bestreben, nach oben und unten auszuweichen. Da nun auf der Erdoberfläche ein Luftstrom

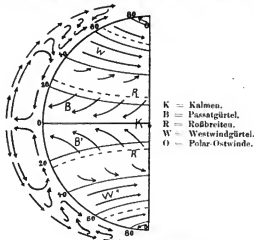


Abb. 11. Muster der Luftdruckgürtel.

zum Ersatz der in dem Gleichergürtel entwichenen Luft gleicherwärts eilt, so wird es der am Absteigen neigenden oberen Luft erst recht leicht gemacht, auf die Erdoberfläche zu gelangen. Dieser Vorgang der Umwandlung in einen Westwind und des Absteigens zur Erde vollzieht sich ungefähr im Bereich des 30° Breitengrades, und die abwärts drängende Luft verursacht den hohen Druck der Subtropen oder Roßbreiten. Die polaren Hochdruckgebiete werden wahrscheinlich auch durch Absteigen der Luft bedingt. Ihre Entstehungsart ist aber noch nicht klar gestellt.

Das Muster der Windgürtel (Abb. 11). Infolge der verschiedenen Luftdruckgürtel entwickeln sich verschiedene Windgürtel. In den oberen Regionen weht ein Wind polwärts. Sein Ursprungsort ist der Gleichergürtel, und zwar entsteht er aus der heißen, aufsteigenden Luft. In dem Subtropengürtel tritt er z. T. auf die Erdoberfläche hinab und erzeugt dort das Hochdruckgebiet, z. T. strömt er aber vielleicht zu den Polen, um schließlich, möglicherweise zum Absteigen gezwungen, den polaren Hochdruck zu erzeugen. Auf der Erdoberfläche aber entwickeln sich andere Windsysteme. Die subtropischen Hochdruckgebiete entsenden nämlich in die sie begrenzenden Tiefdruckgürtel Winde. So entsteht auf der nördlichen Halbkugel, zum Gleichergewendet, das System des Nordostpassates, auf der südlichen Halbkugel das des Südostpassates. Ursprünglich ist es ein Nord- bzw. Südwind, allein durch die Ablenkung verwandelt er sich in einen NO-

bzw. SW-Wind. Dem Flächensatz entsprechend, nimmt die Windstärke nach dem Gleicher hin ab. Zwischen den beiden Passatgürteln liegt der windarme Kalmengürtel mit vorwiegend aufsteigenden Luftströmungen. Ein ähnlicher Kalmengürtel liegt in den Roßbreiten gerade im Bereich der absteigenden Luft.

Ein anderes Windsystem nimmt aus jedem subtropischen Hochdruckgürtel seinen Ursprung und ist nach den Polen gerichtet. Diese Winde, die anfangs Süd- bzw. Nordwinde sind, verwandeln sich allmählich in Westwinde und haben, dem Flächensatz entsprechend, die Neigung, an Stärke zu wachsen. Daher sind die Westwinde oft stürmisch.

Aus den polaren Hochdruckgebieten strömen ebenfalls Winde in das Tiefdruckgebiet der Mittelgürtel ein, die sich in Ostwinde verwandeln. Umgekehrt erzeugen nahe den polaren Hochdruckgebieten vorüberziehende Tiefdruckwirbel Ostwinde. Da sie aus niedrigeren Becken feuchte Luft zuführen, die sich stark abkühlt, so bewirken sie reichlichen Schneefall.

Über dem Süderdteil, der etwa 2000 m mittl. Meereshöhe besitzt, sind die Verhältnisse verwickelt. Nach Meinardus (Geographische Zeitschrift 1913) ist die antarktische Antizyklone nur flach, d. h. etwa 1500—2000 m hoch. Aus ihr strömen kalte, trockene Winde, die Armut an Niederschlag bedingen. Über dieser flachen Antizyklone soll aber eine Zyklone mit aufsteigender Luft liegen. Daher erhält alles über 15—2000 m hoch ansteigende Land zahlreichen Schneefall, der das Inlandeis speist. Die Antizyklone soll durch rasche Temperaturabnahme mit der Höhe bedingt sind. Möglicherweise sind die Verhältnisse in dem über 3000 m hohen Grönland ähnliche.

Demnach würden sich auf der drehenden, aber homogenen Erde auf jeder Halbkugel folgende Windsysteme entwickeln.

1. Polare Kappe mit absteigender Luft unten, mit aufsteigender Luft oben. 2. Polare Ostwindgürtel (?). 3. Westwinde der Mittelgürtel. 4. Roßbreiten mit absteigender Luft. 5. Passatgürtel. 6. Äquatorialer Kalmengürtel mit aufsteigender Luft.

Abweichungen von dem Muster der Luftdruck- und Windgürtel. Eine Reihe von Einflüssen bewirkt, daß die oben beschriebenen Gürtel nicht regelmäßig ausgebildet sind, vielmehr bestimmte Veränderungen und Unterbrechungen erfahren. Die Ursachen hierfür sind einmal die Verschiebung der Sonne zwischen den Wendekreisen und dann die unregelmäßige Verteilung von Land und Wasser.

Infolge der jährlichen Wanderung der Sonne schiebt sich der heißeste Gürtel hin und her und damit auch der Kalmengürtel und die subtropischen Hochdruckgürtel mit den Passaten. Dasselbe gilt für die Grenzen der Mittelgürtel gegen die sie einschließenden Hochdruckgebiete. Noch wichtiger ist aber die Verteilung von Wasser und Land. Die Festländer sind im Sommer erhitzt und daher Gebiete niedrigen, im Winter aber kalt und daher Gebiete hohen Druckes. Demgemäß werden die verschiedenen Luftdruckgürtel nicht nur in einzelne Inseln hohen oder tiefen Druckes aufgelöst, sondern es wechselt über dem Land sogar der Druck im Sommer und Winter und damit auch die Windsysteme.

Am stärksten sind die Abweichungen von dem Muster auf der nördlichen Halbkugel wegen des Wechsels breiter Land- und Meeresflächen, viel geringer auf der südlichen, wo nur die Spitzen der drei Südfestländer in den Mittelgürtel hineinragen und ein geschlossener Wassergürtel überwiegt.

F) Zyklone und Antizyklone. (Abb. 12 u. 13).

Kehren wir zu dem Beispiel auf S. 15 (Abb. 7) zurück und betrachten wir die Winde, die sich zwischen Meer und Inseln entwickeln. Die Winde wollen von dem Meer in die erhitzte Insel, über der ein Luftstrom aufsteigt, ein-

dringen. Allein die Luft stößt wegen der Raumverengerung auf Widerstand, und daher ist sie erstens gezwungen aufzusteigen, zweitens aber wirkt auf den Luftstrom die Erdumdrehung. Daher kommt es auf der nördlichen Halbkugel zu einer Abweichung nach rechts, auf der südlichen nach links. So entsteht ein schraubenförmiges Aufsteigen einer Luftsäule. Außerdem erhalten die Spiralen einen immer steileren Winkel, und schließlich geht die Luft senkrecht in die Höhe. Einen solchen spiralig aufsteigenden Luftwirbel nennt man eine Zyklone. Je höher die Luft emporsteigt, um so geringer wird der Druckunterschied zwischen dem Wirbel und der umgebenden Luft, und damit nimmt die Geschwindigkeit ab.

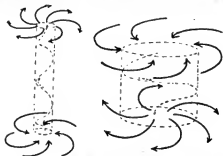


Abb. 12. Muster der Zyklonen und Antizyklonen der nördlichen Halbkugel.

Allmählich macht sich sogar eine entgegengesetzte Strömung geltend, anscheinend deshalb, weil die Luft gerade so wie in dem obigen Beispiel (Abb. 7) zum Ersatz der unten hineinströmenden Luft angesogen wird. Nun erfolgt aber die Ablenkung gerade so wie unten nach rechts, bzw. nach links.

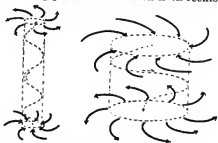


Abb. 13. Muster der Zyklonen und Antizyklonen auf der südlichen Halbkugel.

Demnach ist eine Zyklone ein spiralig immer steiler aufsteigender Luftwirbel, in den unten die Luft einströmt, oben aber in entgegengesetzter Richtung ausströmt.

In einer Antizyklone ist die Wirbelbewegung gerade umgekehrt. Oben strömt die Luft mit der bekannten Ablenkung in ein Luftdruckminimum hinein, steigt dann spiralig hinab, und auf der Oberfläche tritt die Luft, ebenfalls dem Ablenkungsgesetz folgend, in entgegengesetzter Richtung aus.

Zwischen Zyklonen und Antizyklonen bestehen bestimmte Gegensätze. Erstere sind räumlich ziemlich beschränkt, d. h. sie haben einen Durchmesser

von einigen hundert Kilometern. Sie erreichen bis 11 km Höhe und wandern schnell. Antizyklogen dagegen sind sehr ausgedehnt, haben eine geringe Höhe und verschieben sich langsam.

Die Ursachen der Bildung von Zyklonen und Antizyklonen sind noch in Dunkel gehüllt. Die Bildung von kleinen Zyklonen, z. B. Staubwirbeln, und von tropischen Gewittertornados und den furchtbaren Wirbelstürmen wird wohl durch ungleichmäßige Erhitzung des Bodens veranlaßt. Allein daneben sind die von den Sonnenflecken ausgehenden Kräfte — Wärme, Magnetismus und Elektrizität (?) — von Bedeutung, da die Steigerung der Sonnenflecke eine Steigerung der Zahl der Wirbelstürme zur Folge hat.

Über die Entstehung der großen wandernden Zyklonen und Antizyklonen ist man sehr wenig unterrichtet. Der Anstoß scheint von oben auszugehen. Antizyklonen scheinen zuerst hinabzusteigen und dann zyklonale Wirbel auszulösen. Ohne Erforschung der höheren Luftschichten wird man wohl kaum jemals ein klares Bild gewinnen können.

G) Die Isobaren.

In derselben Weise wie bei den Isothermen konstruiert man auch Linien gleichen Drucks, indem man durch Reduktion auf dem Meeresspiegel die Höhenunterschiede ausschaltet. Die barometrische Höhenstufe, d. h. die Abnahme des Luftdruckes pro 1 mm der Quecksilbersäule, wächst mit der Höhe. Daher ist die Berechnung nicht ganz einfach, zumal auch die Temperatur eine Rolle spielt. Bis zu 1000 m Höhe kann man etwa 11 mm pro 1 mm ansetzen.

Da sich mit der Erhitzung und Abkühlung der Landmassen der Luftdruck ändert, so sind die Monate Januar und Juli besonders bezeichnend.

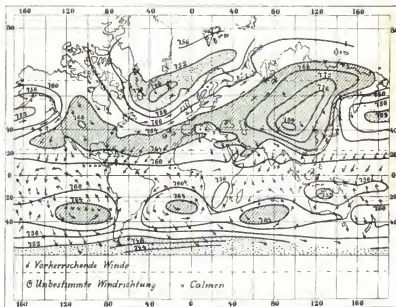
Jannar-Isobaren. (Karte 5.) Für die Luftdruckverhältnisse sind folgende Zyklonen und Antizyklonen entscheidend.

Das arktische Hochdruckgebiet tritt wenig in Erscheinung. Wohl aber ist südlich davon das nördliche subpolare Tiefdruckgebiet entwickelt mit einer ovalen Zyklone südlich des Beringsmeers (= Nordpazifische Zyklone 752 mm) und einer sehr ausgesprochenen Zyklone bei Island (= Nordatlantische Zyklone mit 748 mm). Das subtropische Hochdruckgebiet bildet einen geschlossenen Gürtel mit zwei bedeutenden Antizyklonen, der nordamerikanischen mit 768 mm und der asiatischen mit 780 mm. Es ist dieses die großartigste Antizyklone, die wir kennen. Bemerkenswert ist, daß das Gebiet höchsten Luftdruckes nicht mit dem Gebiet größter Kälte zusammenfällt. Also ist die Kälte bei der Entstehung des hohen Druckes nicht der einzige Faktor.

Der äquatoriale Tiefdruckgürtel ist ein geschlossener Ring, der aber über die drei Südfestländer hinweg sich mit dem südlichen subpolaren Tiefdruckgürtel verbindet. Über Südafrika und Australien hinweg findet sich sogar eine ausgesprochene Zyklone mit 756 bzw. 752 mm. Das südliche subtropische Hochdruckgebiet ist also nicht einheitlich, sondern zerfällt in 3 Antizyklonen mit 764 mm Druck, die alle westlich der drei Südfestländer auf dem Meere liegen und daher die südpazifische, südatlantische und indische Antizyklone heißen. Sehr gut entwickelt ist der südliche subpolare Tiefdruckgürtel, mit sehr niedrigem Druck (unter 744 mm). Schließlich folgt das antarktische Hochdruckgebiet mit wahrscheinlich sehr hohem Druck.

Die großen Windsysteme richten sich im allgemeinen nach den Zyklonen und Antizyklonen, werden aber auf der nördlichen Halbkugel durch die wandernden Zyklonen gestört, d. h. wandernde Tiefdruckwirbel, die teils von der nordpazifischen, vor allem aber von der nordatlantischen Zyklone ausgehen.

Am einfachsten liegen die Verhältnisse auf der südlichen Halbkugel. Die 3 südlichen subtropischen Antizyklen entsenden nach N den Südostpassat, der sich namentlich gegen die drei Tiefdruckgebiete der Südfestländer wendet und auf der Westseite der letzteren durch Ansaugung in südliche und südwestliche Winde verwandelt wird. Nach Süden hin entsenden sie jene sehr regelmäßigen Winde, die innerhalb des südlichen subpolaren Tiefdruckwirbels als sog. „brave“ Westwinde den Erdball umkreisen.



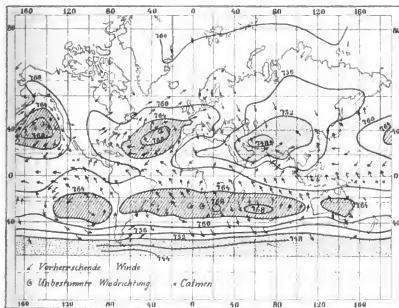
Karte 5. Januar-Isobaren (nach Hann).

Freilich handelt es sich in Wirklichkeit nicht sowohl um beständige Westwinde, als vielmehr um eine Aufeinanderfolge von nach O wandernden Zyklonen. Noch südlicher liegt der Gürtel der Ostwinde, die von dem noch besonders zu besprechenden antarktischen Hochdruckgebiet ausgehen. Im Januar (Südwinter) ist der südliche subpolare Tiefdruckgürtel verhältnismäßig weit nach Süden geschoben.

Eine ähnliche tätige Rolle als Winterzeuger spielen die beiden Antizyklen der nördlichen Halbkugel. Sie entsenden nach Süden den Nordostpassat. Dieser überweht den Gleichergürtel und gelangt bis zu den Zyklonen der Südfestländer. Namentlich die australische Zyklone ist so wirksam, daß sie die aus Ostasien abströmende Luft anzieht und in einen NW-Wind verwandelt. Zwischen den beiden Passaten liegt — namentlich über den Meeren — der Kalmengürtel der Roßbreiten, die mit dem Wechsel der Jahreszeiten mannigfachen Verschiebungen ausgesetzt ist. Auch nach Norden fließt aus ihm die Luft in das nördliche subpolare Tiefdruckgebiet ab. Sie wird dabei durch die beiden mächtigen Tiefdruckwirbel angezogen; allein wie schon oben bemerkt, entwickeln sich gerade aus diesen beständigen Zyklonen fortgesetzt wandernde Tiefdruckwirbel, die nach Osten

ziehen, aber auch oft genug hin- und hergeschoben werden. Antizyklen schieben sich nämlich zwischen sie und verdrängen sogar zeitweilig die großen Depressionen. So geht das Spiel hin und her. Beständig wechseln die Winde, und es kommt nicht zu der Ausbildung eines so beständigen Westwindgürtels wie auf der südlichen Halbkugel. Ebenso fehlt ein ausgeprägter Ostwindgürtel gegen den Nordpol hin.

Daß die warmen Meeresströmungen — Kurosiwo im Pazifischen, Atlantische Strömung im Atlantischen Ozean — an der Ausbildung der beiden



Karte 6. Juli-Isobaren

großen Zyklonen beteiligt sind, ist wohl sicher, allein eine klare Vorstellung von der Entstehung der Zyklonen haben wir noch nicht.

Juli-Isobaren (Karte 6). Auf der südlichen Halbkugel sind die Südfestländer kalt geworden, und deshalb zieht sich das südliche subtropische Hochdruckgebiet als geschlossener Ring um den Erdball. Innerhalb des Hochdruckgürtels ist die südpazifische Antizyklone wie im Winter ausgebildet, nur vergrößert und nach N gerückt. Die südatlantische und die indische Antizyklone sind dagegen zu einem einzigen Bande von etwa 764 mm Luftdruck verschmolzen, das von den Anden bis fast nach Australien reicht, während über Südafrika und über dem Indischen Ozean ein Maximum des Druckes mit über 768 mm liegt.

In Australien ist eine Umkehr eingetreten. Die Zyklone des Südsommers hat sich im Südwinter in eine starke Antizyklone verwandelt. Der Tiefdruckgürtel südlich der Subtropen ist unverändert, nur etwas nach N verschoben. Dagegen sind weiter nördlich erhebliche Änderungen zu verzeichnen. Einmal ist der äquatoriale Tiefdruckring über dem Atlantischen Ozean zersprengt, und ein Band hohen Druckes (etwa 762 mm) verbindet die süd- und nordatlantischen Antizyklonen der Subtropen

(768 mm). Ferner hat die nördliche subtropische Antizyklone von dem ganzen nördlichen Pazifik Besitz ergriffen und die nordpazifische Zyklone nach N ins Beringsmeer gedrängt. Aber über Asien und Nordamerika ist eine Umkehr des Luftdrucks wie in Australien eingetreten. Die Antizyklone des Januars hat sich in Juli in eine Zyklone verwandelt. In Nordamerika ist es mehr eine Tiefdruckrinne mit 758 mm zwischen den beiden subtropischen Antizyklonen: über Nordafrika und Zentralasien aber breitet sich eine Zyklone (mit 748 mm über Iran) aus und saugt die Luft der Umgebung an. Das nordamerikanische und asiatische Tiefdruckgebiet stellen die Verbindung zwischen dem äquatorialen und subpolaren Tiefdruckgürtel her.

Die Winde sind südlich des subtropischen Hochdruckgürtels der südlichen Halbkugel unverändert Westwinde, nördlich dagegen überweht der Südostpassat den Gleicher und dringt, in einen Südwestwind umgewandelt, bis in das Herz von Nordafrika, nach Asien und Zentralamerika vor. Die beiden nördlichen subtropischen Antizyklonen entsenden strahlenförmig Winde, aus denen sich in südlicher Richtung der Nordostpassat, nach N zu aber westliche Winde entwickeln, die in das subpolare Tiefdruckgebiet eindringen. In diesem sind die winterlichen Zyklonen über dem Nordatlantik sehr abgeschwächt (758 mm), aber nicht verschwunden, und auch die Entsendung wandernder Tiefdruckwirbel ist viel geringer und schwächer als im Winter.

In den Monaten zwischen Januar und Juli vollziehen sich allmählich die Veränderungen von dem einen zum andern Monat, also namentlich der Übergang von Antizyklonen in Zyklonen usw. Auch verschieben sich während dieser Zeit die verschiedenen Druckgürtel. Solche Verschiebungen finden überhaupt unausgesetzt statt, auch innerhalb der dargestellten Monate Januar und Juli. Anstelle großer Zyklonen und Antizyklonen gibt es in Wirklichkeit oft ein Gewimmel kleinerer Wirbel. Die Isobarenkarten geben also nur einen mittleren Zustand wieder.

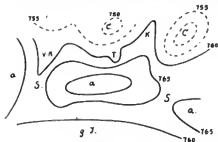


Abb. 14. Muster der Formen der Tiefdruck- und Hochdruckwirbel.

C. = Tiefdruckwirbel, a. = Antizyklonen, T. = Teilminimum, S. = Sattel, K. = Keil, VR. = Rinne (nach Hahn).

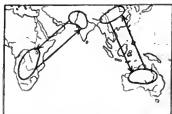


Abb. 15. Monsune zwischen Asien und Afrika — Australien. Im Nordsummer SW- bzw. SO-Monsun, im Nordwinter NO- bzw. NW-Monsun.

Abb. 14 gibt eine Vorstellung von der Lage und Art des Auftretens von Antizyklonen und Zyklonen sowie der Benennung der verschiedenen Teilgebiete. Aus den Hochdruckgebieten fließt die Luft unter Ablenkung nach rechts bzw. links nach den Tiefdruckgebieten hin. Man kann sich leicht vorstellen, daß Teilminima, Rinnen, Keile, Sättel ganz verwickelte Systeme von Winden erzeugen müssen, deren Verlauf infolge von Wanderungen, beständiger Neubildung und beständigen Vergehens noch unübersichtlicher wird und zu manchen, für die Wettervoraussage

überraschenden Wendungen in der Witterung führen kann. Namentlich das Aprilwetter ist ja wegen seiner Launenhaftigkeit berüchtigt.

II) Besondere Winde.

Auf einige besondere Winde sei noch ausdrücklich hingewiesen, die für bestimmte Gegenden von großer Bedeutung sind.

a) Die Monsune (Abb. 15).

Ein Monsun ist im Arabischen ein Wind, der in einem Halbjahr aus der einen, in dem anderen Halbjahr aus der andern Richtung weht. Solche Monsune sind gar nicht selten, allein die Monsune *καθ'ἑξῆς* sind die Winde, die im Sommer aus Südafrika und Australien nach Asien als Südwest- bzw. Südostmonsun wehen; im Winter ist die Richtung umgekehrt nach Südafrika und Australien gerichtet. Dann blasen der Nordost- und Nordwestmonsun. Die Monsune waren für die Handelsfahrten der Araber von größter Bedeutung, für die Segelschiffe sind sie es noch.

Temperatur und Winde. Wenn auch der Luftdruck von der Temperatur abhängt, so ist doch in sehr vielen Fällen die Lufttemperatur eines Gebietes von den jeweiligen Winden abhängig. Denn diese verfrachten aus wärmeren oder kälteren Gebieten warme oder kalte Luft und wirken daher erwärmend oder abkühlend. In unserem Klimagürtel kann man den Einfluß der Winde oft erkennen. Ostwinde bringen uns im Winter aus dem kalten Rußland stets schneidende Kälte, Westwinde dagegen von dem Atlantischen Ozean Tauwetter. Im Sommer ist es umgekehrt; heißes Wetter haben wir bei Ostwind aus dem heißen Rußland, kühles Wetter dagegen bei westlichen Luftströmungen. Im Frühjahr ist bei uns warmes Wetter stets an Südwind geknüpft. Es ist nicht gleichgültig, ob die Luft aus einer kalten Antizyklone herabkommt oder in einer warmen Zyklone hinaufsteigt. Jedenfalls gilt fast allgemein der Satz:

Die Temperatur und namentlich die Temperaturveränderlichkeit innerhalb der Jahreszeiten hängt zum großen Teil von den Winden ab.

b) Land- und Seewinde (Abb. 7, S. 15).

An den Küsten der Tropen entwickeln sich täglich bestimmte Winde, die ähnlich den Monsunen wechseln; es sind das die Seebrise am Tage und die Landbrise nachts. Die Ursache für ihre Entstehung ist die Erhitzung des Landes und das Sinken des Druckes über ihm am Tage; nachts dagegen ist das Meer wärmer und der Luftdruck über ihm geringer.

c) Berg- und Talwinde (Abb. 16 u. 17).

Da die Täler sich stärker erhitzen als die Gipfel der Berge, so steigen über jenen die Flächen gleichen Druckes an, und es strömt die Luft gegen die



Abb. 16. Verlauf des Bergwindes. Das Tal ist halbiert gedacht.

Berghänge und macht sich talaufwärts als Talwind bemerkbar. Nachts dagegen sinkt die kalte Luft von den Bergen in die Täler hinab; so ent-

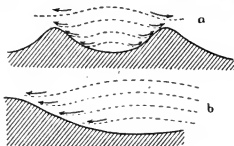


Abb. 17. Die Entstehung von Bergwinden.

a Querschnitt, b Längsschnitt durch ein Tal. Die punktierten Linien sind Flächen gleichen Drucks.

stehen Bergwinde. Da die Erhitzung der Täler nur an sonnigen Tagen eintritt, sind Tal- und Bergwinde Anzeichen schönen Wetters.

d) Die wandernden Zyklonen (Abb. 18).

Diese bereits wiederholt erwähnten Gebilde sind es, die für unseren Klimagürtel so maßgebend sind. Sie bringen uns Regen und im Winter auch

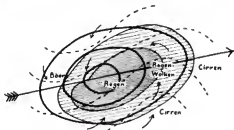


Abb. 18. Wandernde Zyklone (nach Hann).

Wärme vom Atlantischen Ozean. Es sind rundliche oder ovale Gebiete geringen Luftdruckes — Depressionen — die sich schnell von Westen nach Osten bewegen. Die Winde, die auf der Erdoberfläche in die Depression hinein wehen, zeigt Abb. 18. Da die südlichen und südwestlichen Winde bei uns aus wärmeren Gegenden kommen, so bringen sie uns Regen und Wärme, zuweilen aber auch Schnee, die Winde aus nördlichen Breiten dagegen Kälte und klares Wetter. Auf der Südost-, Süd- und Südwestseite der Depression regnet es, auf der Nordwest- und Nordseite ist es klar. Nun sind aber die Zyklonen meist nicht einheitliche Gebilde, sondern setzen sich namentlich am Rande aus zahlreichen Teilwirbeln zusammen, die ein veränderliches Wetter bedingen, wenn sie schnell aufeinander folgen.

Die Zyklone pflegen auf bestimmten Bahnen zu ziehen und sich schließlich aufzulösen. Im Winter sind sie häufiger und schärfer ausgebildet als im Sommer. Minima von 740 mm sind nicht selten, während die benachbarten Antizyklonen 765 und mehr Millimeter besitzen. Daher entwickeln sich

starke Winde, die erfahrungsgemäß im Rücken der Depression am kräftigsten sind. Auf den täglich erscheinenden Wetterkarten für Europa kann man das Ziehen der Zyklonen und das Hin- und Herschieben der Antizyklonen verfolgen und sich leicht über die Wirkungen unterrichten.

e) Tropische Wirbelstürme (Abb. 19).

In bestimmten Gürteln, nämlich da, wo zu beiden Seiten des Gleichers die Kalmen beim Wechsel der Passate und Mon-une entstehen, ist der Geburtsort der furchtbaren tropischen Wirbelstürme. Die bevorzugten Gebiete sind Westindien — dort heißt der Sturm Hurrican — der Golf von Bengalen und der Arabische Meerbusen, die Chinasee — die Region der „Taifune“ —, das Gebiet der Palauinseln, Karolinen, Marschallinseln, ferner das der Samoa- und Tongainseln und schließlich das Gebiet von Réunion und Mauritius. Die Stürme kommen stets aus Osten und biegen allmählich infolge der Erdumdrehung um, also auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, d. h. nach Norden, auf der südlichen nach links, d. h. nach Süden. Ihre Geschwindigkeit ist eine enorme, über 50 m pro Sekunde, also 180 km pro Stunde. Im Zentrum ist der Druck 700 mm und weniger. Dort, im „Auge“ des Wirbelsturmes, wo die Luft steil emporsteigt, herrscht über einer kleinen Fläche Windstille. Außerhalb dieses „Auges“ rast aber der Sturm mit ungeheurer Gewalt unter Ablenkung nach rechts bzw. links in das Minimum hinein. Orte, über die das Zentrum hinweggeht, erhalten den Wind zuerst von der einen Seite, dann folgt für eine halbe Stunde Ruhe, und plötzlich bricht der Sturm von der entgegengesetzten Seite los. Ungewöhnliche Färbungen kündigen den Sturm an. Ein gewaltiges schwarzes Wolkenschild fliegt in seinem vorderen Teil voraus, sich durch Wasserabscheidung in der aufsteigenden Luft bildend. Im Innern des Wirbels fließt der Regen in gewaltigen Strömen, rollt der Donner und zucken die Blitze. Die Ausdehnung des gesamten Sturmfeldes hat mindestens 150—180 km, im Mittel 250 km, im höchsten Fall 900 km. Furchtbar sind die Sturmwellen, die der Wirbelsturm erregt, und die, gegen die Küsten rollend, oft größere Verwüstungen hervorrufen als der Sturm selbst.

Die Wirbelstürme entstehen im Kalmengürtel im Herbst und Frühjahr. Ein durch ungleichmäßige Erhitzung entstandener Wirbel ist wahrscheinlich die Ursache ihrer Bildung, indes haben die Sonnenflecken bestimmten, fördernden Einfluß auf ihre Häufigkeit. Der Wirbel vertieft sich immer mehr, und so entwickelt sich ein so auffallend geringer örtlicher Luftdruck mit allen seinen Folgeerscheinungen.

f) Bora, Föhn und heiße Fallwinde.

Wenn aus einem sehr kalten, hoch gelegenen Gebiet, z. B. aus dem Innern der Balkanhalbinsel, die Luft in ein warmes, tiefegelegenes Gebiet,

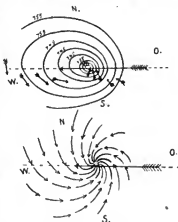


Abb. 19. Tropischer Wirbelsturm.
Oben: Isobaren, unten: Windrichtung.
Wirbelsturm zu Manila am 20. 10. 1882
(nach Hann).

— z. B. die Adria — als heftiger Wind hinabsteigt, so entsteht eine Bora, d. h. ein kalter Sturm. Der Name stammt aus Istrien und Dalmatien und bezieht sich auf die kalten, aus der Balkanhalbinsel kommenden Stürme, die in das warme Küstengebiet oft mit furchtbarer Gewalt vom Gebirge herabwehen. Eine Bora ist auch der Mistral Südfrankreichs, der das Rhonetal herabstürmt. Dieser kalte Wind entsteht, wenn über der Adria bzw. über dem Löwengolf ein Minimum die kalte Luft der Umgebung anzieht. Zwar erwärmt sich die herabsteigende Luft durch Zusammenziehen, Reibung und Temperatenausgleich, allein die Erwärmung, die pro 100 m 1°C beträgt, genügt wegen der ungenügenden Höhe und sehr niedrigen Anfangstemperatur von -20°C und weniger nicht, um die Luft kräftig zu erwärmen. Sie bleibt ein kalter Wind. Die Burane Südrusslands sind auch kalte Stürme, die aus dem asiatischen Hochdruckgebiet herauswehen.

Wenn nun aber das Gebirge sehr hoch, die Anfangstemperatur dagegen nicht sehr niedrig ist, so kann sich der kalte Wind in einen heißen, trockenen Wind, d. h. in einen Föhn verwandeln. Der Föhn der Alpen wird einmal durch die relative Wärme des Südwindes in Oberitalien, sodann durch die Höhe der Alpen bedingt, die eine starke Erwärmung (20° bei 2000 m Abstieg) und große relative Trockenheit hervorruft.

Föhnwinde entstehen auch in Antizyklonen durch Erwärmung der absteigenden Luft. Wenn nun in hohen Luftschichten aus heißen Wüsten ausströmende warme Luft durch Wirbelbildung zu schnellem Absteigen gezwungen wird, dann entstehen glühend heiße, trockene Fallwinde, die oft großen Schaden anrichten können. Hierher gehört der Samun Arabiens, der Khamsin Ägyptens, der Leveche in SO-Spanien, der Leste der Kanaren und von Madeira und der Scirocco der Atlasländer und Siziliens. Berühmte sind solche heiße Winde in Südaustralien. Der Harmattan in Oberguinea dagegen ist wohl ein sehr trockener, aber kein heißer Wind. Das dürfte darauf hindeuten, daß seine Anfangstemperatur nicht sehr hoch ist.

3. Luftfeuchtigkeit, Wolken und Niederschläge.

Die Luft nimmt aus dem Meere, aus Seen, Flüssen und feucht em Boden nach bestimmten Gesetzen Wasserdampf auf. So entsteht die Luftfeuchtigkeit. Aus dieser können Wolken und Niederschläge, wie Regen, Schnee u. a. m. hervorgehen.

A) Luftfeuchtigkeit.

a) Physikalische Grundbegriffe und Gesetze.

Zunächst müssen wir einige Begriffe uns klar machen.

Verdunstung ist der Übergang von flüssigem Zustand in den gasförmigen bei gewöhnlicher Temperatur. Bei Verdunstung wird Wärme verbraucht und umgekehrt, bei der Umwandlung eines Gases in flüssigen Zustand wird Wärme abgegeben.

Die Sättigungsmenge ist die Menge von Wasserdampf, die eine bestimmte Luftmenge aufzunehmen imstande ist. Die Sättigungsmenge hängt von der Temperatur ab. Je höher die Temperatur ist, um so mehr Wasserdampf kann die Luft fassen.

Spannkraft des Wasserdampfes. Der in der Luft befindliche Wasserdampf übt einen Druck aus, den man in Millimetern einer Quecksilbersäule messen kann. Bringt man nämlich in ein Quecksilberbarometer einen Wassertropfen auf die Quecksilberkuppe, so verdunstet etwas von dem Tropfen, und die Quecksilbersäule sinkt, indem sie durch den Dampfdruck herabgepreßt wird. Die Senkung ist bei einer bestimmten Tempera-

tur am stärksten, nämlich bei Sättigung der Luft mit Wasserdampf, wächst aber bei steigender Temperatur: Beim Sieden, d. h. bei der durch Erhitzung herbeigeführten Umwandlung in Gas, ist der Dampfdruck gleich einem Atmosphärendruck.

Der Taupunkt. Wir sahen, daß die Luft bei einer bestimmten Temperatur nur eine bestimmte Menge Wasserdampf aufnimmt — die mit der Temperatur wachsende Sättigungsmenge. Wenn nun feuchte Luft sich abkühlt, so wird schließlich diejenige Temperatur erreicht, bei der sie mit Wasserdampf gesättigt ist. Sinkt die Temperatur noch weiter, so kann die Luft den Wasserdampf nicht mehr fassen, dieser scheidet sich als Flüssigkeit ab. Die Temperatur, bei der diese Abscheidung stattfindet, ist der Taupunkt. Man kann diesen Vorgang leicht beobachten, wenn man eine kalte Fensterscheibe anhaucht. Das Glas „beschlägt sich“, d. h. es bedeckt sich mit Wassertropfen, die durch Abscheidung aus der abgekühlten Atemluft entstanden sind.

b) Die Bestimmung der Luftfeuchtigkeit.

Es gibt verschiedene Mittel, um die Feuchtigkeit der Luft zu bestimmen.

Die Absolute Feuchtigkeit ist die tatsächliche Menge des Wasserdampfes innerhalb einer bestimmten Luftmenge, gemessen durch den Dampfdruck in Millimetern der Quecksilbersäule.

Die spezifische Feuchtigkeit gibt das Gewicht der in einer bestimmten Luftmenge enthaltenen Feuchtigkeit an. Man bestimmt diese Feuchtigkeitsmenge dadurch, daß man eine bestimmte Menge Luft durch eine mit Chlorkalzium gefüllte Röhre saugt und die Gewichtszunahme des Salzes feststellt.

Das Sättigungsdefizit schließt sich an die absolute Feuchtigkeit an. Es gibt an, um wieviel bei der herrschenden Temperatur der Dampfdruck noch steigen könnte. Bei Sättigung mit Wasserdampf ist der Gipfel der Dampfspannung erreicht. Die Verdunstung hängt vor allem von dem Sättigungsdefizit ab, letzteres ist proportional der Verdunstungsgeschwindigkeit.

Die relative Feuchtigkeit ist dagegen die Zahl, die angibt, wieviel Prozent von dem zur Sättigung erforderlichen Wasserdampf tatsächlich vorhanden sind. Sind z. B. bei der vorhandenen Temperatur 20 g Wasserdampf zur Sättigung der Luftmenge notwendig, aber nur 5 g vorhanden, so ist die relative Feuchtigkeit 25 %. Die Formel lautet:

$$\frac{\text{Vorhandene Feuchtigkeit}}{\text{Mögliche Feuchtigkeit}} = \frac{x}{100}$$

Die relative Feuchtigkeit ist gerade für den Menschen von großer Bedeutung. Zu großer Mangel an Wasserdampf im Verhältnis zur Temperatur bereitet dem Menschen Unbehagen und Durstgefühl. Die Schleimhäute werden gereizt und trocken, Hautrisse entstehen, Möbel platzen, Wäsche trocknet schnell u. a. m. Ist aber die Luft dem Sättigungspunkt nahe, so verschimmeln die Sachen; es trocknet alles langsam.

Allein auch die absolute Feuchtigkeit übt starke Wirkung aus. In den Polarländern ist z. B. bei den niedrigen Temperaturen die absolute Feuchtigkeit sehr gering, die relative dagegen sehr groß. Obwohl aber die Luft fast gesättigt ist, ist die Austrocknung der Gegenstände enorm. Zigarren zerfallen zu Staub, nasse Wäsche trocknet auf dem Schnee. Man empfindet quälenden Durst, weil die Luft trotz der hohen relativen Feuchtigkeit tatsächlich nur eine geringe Menge Wasserdampf enthält. Man kann die Wirkung einer geringen relativen und geringen absoluten Feuchtigkeit erfahrungsgemäß in der Weise ausdrücken: bei ersterer trocknen die Gegenstände schneller, bei letzterer langsamer, aber gründlicher aus.

c) Täglicher und jährlicher Gang der Luftfeuchtigkeit.

Da die relative Feuchtigkeit von der Temperatur abhängt, so ist es leicht verständlich, daß sie einen täglichen und einen jährlichen Gang hat. Vor Sonnenaufgang ist ihr Wert am größten; er sinkt aber mit der Erwärmung, um gegen Abend wieder zuzunehmen. Abgesehen von der Erhöhung der Lufttemperatur wird die absolute Feuchtigkeit auch durch die Konvektionsströme, d. h. also die heiße, aufsteigende Luft vermindert, da sie die feuchte Luft aufwärts führen, während trockene, kalte Luft von oben herabsinkt. Daher wird das Minimum der Feuchtigkeit erst gegen 4^h pm erreicht. Auch mit den Jahreszeiten ändert sich die Luftfeuchtigkeit. Im Sommer ist die relative Feuchtigkeit bei uns am geringsten, im Winter am größten. Im heißen Gürtel gleicht die Regenzeit unserem Winter, die Trockenzeit aber unserem Sommer; denn vor dem Einsetzen des Regens ist die Erhitzung der Gegenstände durch die Sonnenstrahlung am größten, während der Regenzeit sinkt dagegen die Temperatur infolge der Bewölkung und Verdunstung des Regenwassers. Nach der Höhe und den Polen zu wächst die relative Feuchtigkeit entsprechend dem Sinken der Temperatur.

Die absolute Feuchtigkeit verhält sich wenigstens in feuchten Gebieten in vieler Hinsicht ganz anders. So nimmt sie nach der Höhe und den Polen zu beständig ab. Bei Erwärmung der Luft wächst nämlich die Verdunstung und daher auch die absolute Menge von Wasserdampf.

Hält die Erwärmung lange genug an, so tritt auch bezüglich der relativen Feuchtigkeit eine Änderung ein, auch sie beginnt zu wachsen. Demnach kann man sagen, daß nur während einer vorübergehenden Wärmesteigerung die relative Feuchtigkeit sinkt, nicht aber, daß warme Luft stets relativ trockener als kalte sein muß. In den Gebieten mit Regen- und Trockenzeiten gehen relative und absolute Feuchtigkeit Hand in Hand. Wüsten haben meist relativ trockene Luft, allein nicht unter allen Umständen. Man kennt nämlich auch feuchte Wüsten, die an Meeresküsten liegen und von feuchter Seeluft überflutet werden. Es regnet dort aber doch nicht, weil die Bedingungen für die Regenbildung ungünstig sind; denn die kalte Seeluft wird erwärmt. Um einen Begriff von den tatsächlichen, beobachteten Werten zu geben, seien folgende Zahlen angeführt.

d) Mittlere Temperatur und Feuchtigkeit.

70°—60°, 60°—50°, 50°—40°, 40°—30°, 30°—20°, 20°—10°, 10°—0°, n. Br.

—7	1.2	8.7	15.3	21.9	25.4	25.5° C Temperatur
92	78	74	70	71	75	79% relative Feuchtigk.
3.1	4.9	7.0	9.7	13.8	17.2	18.9 spezifische „
						gm pro cbm Luft

Selbst in der Sahara beträgt der Dampfdruck kaum weniger als 8 bis 10 mm, ist also fast gleich dem in England zu gleicher Zeit. In Kairo ist er im Winter 7,4 mm, im Sommer 14,7 mm. Der mittlere Dampfdruck nimmt von dem Gleicher nach den Polen ab. Die relative Feuchtigkeit dagegen ist in den subtropischen Hochdruckgebieten am geringsten, an den Polen und am Gleicher fast gleich. Wie stark der tägliche Temperaturgang einwirkt, möge folgendes Beispiel zeigen.

In Kairo sind der Dampfdruck und die relative Feuchtigkeit:

Absol. Feuchtigk.	3 ^h am	6 ^h am	9 ^h am	Mittags	3 ^h pm	6 ^h pm	9 ^h pm	Mittel
im Winter:	7.2	7.0	7.5	7.5	7.3*)	7.8	7.6	7.4 mm
„ Sommer:	15.7	16.1	16.2	13.9	12.9	12.9	14.6	14.7 „

*) Die Abnahme ist eine Folge der starken Konvektion mit gleichzeitigen Absteigen trockener Luft von oben.

Relat. Feuchtigk.	3 ^h am	6am	9am	Mittags	3pm	6pm	9pm	Mittel
im Winter:	80	82	66	48	44	59	67	65 %
„ Sommer:	79	79	52	34	28	35	51	51 %

Demnach schwankt in Kairo der Dampfdruck täglich im Winter zwischen 0,7 und 7,5 mm, im Sommer zwischen 12,9 und 16,2 mm. Die relative Feuchtigkeit schwankt im Winter zwischen 44 und 82%, im Sommer zwischen 28 und 79%! Also ist die Luft am Tage sehr trocken, nachts dagegen feucht zu nennen. Daher kann die nächtliche Taubildung in manchen Wüsten und zu manchen Zeiten bedeutend sein, und die Salze können Feuchtigkeit hygroskopisch aufnehmen.

Um nun auch aus unserem Klimagürtel ein Beispiel anzuführen:

Paris hat im Winter 84%, im Sommer 73% relative Feuchtigkeit, sowie 4,4 bzw. 8,7 mm Dampfdruck, also z. T. weniger als die Sahara!

Die Luftfeuchtigkeit ist ein wichtiger klimatischer Faktor, der namentlich für das Zustandekommen von Bewölkung und Niederschlägen von großer Bedeutung ist.

B) Die Wolken.

Entstehung. Wenn feuchte, heiße Luft mit den Konvektionsströmungen aufsteigt und in kalte Höhen gelangt, so scheidet sich der Wasserdampf in Form kleiner Tröpfchen ab, die sich in Eisknadeln verwandeln, wenn die Temperatur unter Null ist. Nun zeigen die Versuche, daß sich bei staubfreier Luft unter einer Glasglocke kein Nebel bildet, daß sich der Wasserdampf vielmehr an der Glaswand ansetzt. Bei Staubgehalt dagegen bildet sich Nebel. Demnach dürfte der Gehalt an feinem Staub die Wolkenbildung begünstigen. Dieselbe Rolle spielen aber wohl auch feine, schwebende Eisknadeln. Das Schweben der Wassertropfen und Eisknadeln wird übrigens durch die aufsteigenden Luftströmungen ermöglicht; werden die Tropfen zu groß, so fallen sie als Regen nieder.

Formen und Höhe der Wolken. Die Wolken haben oft sehr bezeichnende Formen, die für die Höhe und Entstehungsart bedeutsam sind. Man hat 4 Grundformen:

Cirrus: Federwölkchen aus Eisknadeln.

Cumulus: Haufenwolken, geballt und massig,

Stratus: Schichtwolken aus breiten Decken und langen Streifen.

Nimbus: Regenwolken.

Durch Übergänge entstehen verschiedene Abarten, die nach Form und Höhe folgendermaßen eingeteilt werden.

Obere Wolken: 8—11000 m.

1. Cirrus Ci. 9900 m.

2. Cirro-Stratus Ci. Str. 8300 m.

Mittelhohe Wolken: 3—7000 m.

3. Cirro-Cumulus Ci. Cu. 6500 m.

4. Alto-Cumulus A. Cu. 4300 m.

5. Alto-Stratus A. Str. 4300 m.

Untere Wolken: 500—3000 m.

6. Strato-Cumulus Str. Cu. 2000 m.

7. Nimbus Ni. unter 2000 m.

Aus aufsteigenden Luftströmungen entstehende Wolken.

8. Cumulus Cu. 2—3000 m.

9. Cumulo-Nimbus = Gewitterwolken Cu. Ni. 3—8000 m (Gipfel); 2000 m (Grundfläche) (Abb. 20).

Gehobene Nebel.

10. Stratus unter 1000 m.

Die Wolkenformen lernt man am besten unter direkter Anleitung kennen oder nach einem Wolkenatlas, z. B. in der Anleitung des Kgl. Preuß. Meteorologischen Institutes. Die Höhe der Wolken ist übrigens nicht überall gleich. Sie ist größer im Sommer und im Gebirge als im Winter und in der

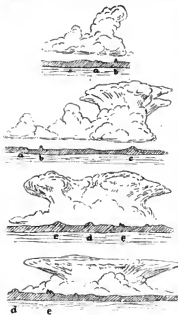


Abb. 20. Gewitter-Cumulo-Nimbus in verschiedenen Stadien der Entwicklung. Nach Zeichnung von Wm. M. Davis vom 2. VII. 87.

- 1) (Oben) 11 Uhr morgens, Beginn der Aufwölkung.
- 2) 11 Uhr 15 Min.
- 3) 11 Uhr 40 Min.
- 4) (Unten) 12 Uhr 45 Min.

Die Buchstaben geben bestimmte Örtlichkeiten an und lassen das Wandern der Wolken erkennen.

Ebene. Die Geschwindigkeit beträgt bei Wolken von 200—1000 m Höhe meist 7,5—9 m pro Sekunde, bei hohen Wolken (9—11 km) oft über 31 m.

Die Stärke und Ausdehnung der Wolkendecke hängt in erster Linie von der Luftfeuchtigkeit und dem Aufsteigen der Luft ab. Sie ist am stärksten im Winter, weil dann das zyklonale Aufsteigen der Luft am kräftigsten entwickelt ist, und am schwächsten bei absteigender antizyklonaler Bewegung; dann lacht ein heller blauer Himmel herab. Im Sommer dagegen führt die Konvektion der Luft auch in Antizyklen zu starker Bewölkung mit Cumulusbildung. In der heißen Zone ist die Regenzeit die Zeit der stärksten Neigung zur Wolkenbildung. Im allgemeinen ist die Bewölkung in dem Gleichergürtel am stärksten, in den Roßbreiten am geringsten, nimmt dann aber nach den Polen hin wieder zu. Für die heißen Gegenden sind die Cumuluswolken, für die kalten die Stratuswolken besonders bezeichnend.

Man bestimmt die Bewölkung, indem man nach einer zehnteiligen Skala abschätzt, wieviel Teile des Himmels bedeckt, bzw. wolkenfrei sind. Man hat auch für größere Gebiete Linien gleicher mittlerer Bewölkung für Monate und das Jahr gezeichnet, die sog. Isonephen.

c) Die Niederschläge.

a) Entstehung der Niederschläge.

Auf zwei Faktoren kommt es bei der Regenbildung vor allem an, auf das Vorhandensein von Feuchtigkeit — F. — und auf günstige Kondensationsbedingungen — K. Letztere bestehen in Abkühlung der Luft. Das Produkt aus K. F. ist der Niederschlag = N. Also $N = F \cdot K$. Ist $K = \text{Null}$, so kommt es trotz hohen Feuchtigkeitsgehaltes doch nicht zu Niederschlägen, wie z. B. in feuchten Wüsten an Küsten mit kaltem Meereswasser. Die Ursache der Abkühlung kann eine verschiedene sein; örtliche und zeitliche Verhältnisse bedingen diese oder jene Form der Niederschläge. Neben der Abkühlung ist der Gehalt der Luft an Staub oder Eisnadelchen oder negativen Ionen wichtig (vergl. Abschnitt 4, Luftelektrizität).



1. *Cirrus, Cirrostratus und Cirrocumulus* (Wogen) rechts oben Phot. Met. Obs. Potsdam.



2. *Cirrus mit Fallstreifen.* Phot. Met. Obs. Potsdam.



3. *Cumulus*, aus der Höhe der Basis gesehen. Phot. A. Wegener (Ballonaufnahme).



4. *Alto cumulus.* Phot. Met. Obs. Potsdam.



5. *Cumulonimbus mit Kappe; Beginn der Schirmbildung.* Phot. Stuchey.



6. *Stratusoberfläche in 1200 m.* Phot. A. Wegener (Ballonaufnahme).

b) Formen der Niederschläge.

Man hat einerseits flüssige Niederschläge — Nebel, Tau und Regen — andererseits feste — Schnee, Reif, Rahreif, Glätteis, Hagel und Graupeln.

Nebel entstehen besonders bei Mischung von kalten und warmen Luftströmungen. Daher sind sie namentlich auf der Grenze von warmen und kalten Meeresströmungen, oder von warmem Meer und kaltem Land oder umgekehrt, von kaltem Meer und warmem Land, zu finden, z. B. an der Küste von Peru, von SW-Afrika, auf der Neufundlandbank. Wenn in Antizyklogen kalte Luft herabsteigt, so kommt es auch zu feiner Nebelbildung, die die Trübung des Himmels und der Luft an heißen Sommertagen bedingt. Gilt doch solche Verschleierung der Landschaft für ein Zeichen beständigen Wetters, und das mit Recht.

Tau und Reif entstehen infolge der Ausstrahlung, namentlich nachts bei klarem Himmel. Denn die Ausstrahlung verursacht Abkühlung des Bodens und der Pflanzendecke. So scheidet sich die Feuchtigkeit, die teils aus der Luft, teils aus dem Boden stammt, in Tropfenform ab. Sinkt die Temperatur unter Null, so entstehen Eisnadelchen, die nun ihrerseits als Konzentrationspunkte für die erstarrende Feuchtigkeit dienen — ein Vorgang, den man bei jedem Kristallisationsprozeß beobachten kann. So wachsen denn die zierlichen, verästelten Schneekristalle aneinander und bilden den Reif.

Rahreif entsteht bei Überkaltung des Wassers. Das Wasser kann sich nämlich unter Umständen bis unter den Gefrierpunkt abkühlen. Wenn es dann mit einem Fremdkörper in Berührung kommt, erstarrt es plötzlich in ganzer Masse zu Eis. Wenn also überkalteter, langsam ziehender Nebel an Zweige usw. stößt, dann erstarren die Tropfen plötzlich zu Eiskristallen. Diese wachsen natürlich dem ziehenden Nebel entgegen. So bilden sich oft viele Zentimeter lange Spieße und Federn, die infolge ihrer Masse durch Abbrechen der Zweige im Wald schweren Schaden anrichten können. Stangen, Büsche können in unseren Gebirgen in unförmliche Massen verwandelt werden.

Glätteis kommt dagegen zustande, wenn nach strenger Kälte warme, feuchte Winde einsetzen. Sind dann der Boden und alle Gegenstände tief unter den Gefrierpunkt abgekühlt, so kühlt sich bei der Berührung mit ihnen die warme, feuchte Luft schnell ab, und es scheidet sich unmittelbar Eis ab, das Wände, Zweige, Erdboden usw. überzieht.

Hagel fällt nur im Sommer bei Gewitter. Wenn die warmen Konvektionsströme in die eisigen Höhen gelangen. Dabei kann eine Unterkühlung der Wasserbläschen eintreten. Wenn die aufsteigende Luft in Eisnadeln gerät, so werden die unterkühlten Wasserbläschen bei der Berührung mit den Eisnadeln plötzlich erstarren, und, sich schnell mit Eishüllen überziehend, wachsen, bis sie herabstürzen. Auch im Sturz wachsen sie noch weiter.

Graupeln fallen im Tiefland im Winter und Frühling, im Hochgebirge über der Schneegrenze auch im Sommer und bestehen aus zusammengeschmolzenen und geballten Schneekristallen mit einem Bindemittel aus Eis. Überkaltung mag auch bei ihrer Entstehung eine Rolle spielen.

c) Entstehung des Regens.

Schnee und Regen sind weitaus die wichtigsten Niederschläge. Beide unterscheiden sich lediglich durch die Art der Abscheidung bei einer Temperatur über oder unter Null.

Die Ursachen der Abkühlung feuchter Luft bis zum Taupunkt sind mannigfaltig, und man kann danach folgende Formen der Niederschläge unterscheiden.

a) Konvektive Regen. Die Konvektionsströme steigen in die kalten Höhen empor, und dort erfolgt die Abscheidung des Wasserdampfes in Wolkenform, und wenn die Masse der Wasserhäschen zu groß wird und diese zusammenfließen, beginnt die Regenbildung. Für heiße Sommertage bei uns und für die Tropen zur Zeit höchsten Sonnenstandes oder bald danach sind solche Konvektionsregen bezeichnend. Sie heißen in den Tropen Zenithalregen.

b) Steigungs- oder orographische Regen. Wenn feuchte, warme Winde an Gebirgen in die Höhe steigen, so kühlen sie sich ab, teils infolge der Druckerleichterung und Ausdehnung, teils weil sie in kältere Regionen gelangen. Dann erfolgt oft Regenbildung. Auf der Windseite von Gebirgen, namentlich in der Nähe warmer Meere, ist diese Art der Regen häufig.

c) Stauungsregen. Diese Form ist nur eine Abart der Steigungsregen. Die feuchten Winde erfahren auf der See vor dem Lande oder auf dem Lande vor einem Gebirge eine starke Verlangsamung, und deshalb wird der schneller nachdrängende Wind zum Aufsteigen gezwungen, wie durch ein Gebirge. Auf dem Meere, in der Nähe der Küsten und an diesen, sowie vor Gebirgsmauern, namentlich in geschlossenen Gebirgsbuchten, dürften manche Regen diese Ursache haben.

d) Zyklonale Regen. In Zyklonen steigt die Luft empor und kühlt sich ab. Deshalb sind die Zyklonen Regenbringer. Die Steigung allein reicht freilich oft nicht aus, um Regen zu erzeugen. Das zeigt der Umstand, daß es in Zyklonen trotz der überall aufsteigenden Luft nicht überall regnet, sondern nur auf den Seiten, wo Winde aus wärmeren Gebieten zuströmen, also bei uns auf der Südost-, Süd- und Südwestseite dagegen nicht im Bereich der kalten Nord-, Nordwest- und Nordostwinde.

d) Ursachen des Regenmangels.

Es wird zweckmäßig sein, auch die kondensationsfeindlichen Bedingungen noch kurz zu erwähnen.

Regenmangel herrscht bei absteigender, sich erwärmender Luft, in Antizyklonen, beim Herabweichen vom Gebirge in das Tiefland und bei Erwärmung kalter Winde, die z. B. von einem kalten Meere in ein heißes Land wehen (Küste von SW-Afrika), und bei starken Winden, die wasserrecht blasen und nicht emporsteigen.

Wenn schließlich feuchte Luft durch Abgabe von Regen trocken geworden ist, enden die Niederschläge trotz günstiger Kondensationsbedingungen. Deshalb nimmt an den Gehängen hoher Gebirge die Regenmenge zuerst zu, dann ab.

e) Der Schnee.

Verbreitung. In den Polargebieten fällt der Niederschlag ganz überwiegend als Schnee, und in über 800—1000 m Meereshöhe wohl nur als Schnee, auch im Sommer. Dann folgt in dem Mittellgürtel ein Gebiet mit Schnee im Winter und Regen im Sommer; nur im Hochgebirge überwiegt auch im Sommer von einer bestimmten Höhe ab der Schnee. In den Subtropen und Tropen rückt die Linie, bis zu der noch Schnee vorkommt, immer höher hinauf. Unter dem Gleicher sehen ihn nur die Gipfel der höchsten Berge von 3000 und mehr Metern Höhe aufwärts.

Entstehung: Schneefall tritt dann ein, wenn feuchte, warme Luft unter Null Grad abgekühlt wird. Das geschieht auf der nördlichen Halbkugel auf der O- und NO-Seite der wandernden Zyklonen, denen aus südlichen Breiten Luft zufließt.

Am Rande des Süderdteils veranlassen die nach O wandernden Wirbel

gleichfalls Ostwinde, die von dem Meer die Luft beziehen und daher reich an Niederschlag in Schneeform sind. Sie stehen im schroffen Gegensatz zu den aus dem antarktischen Hochdruckgebiet stammenden, kalten, trockenen Winden.

Ewiger Schnee. Wenn ein Gebirge soviel Schnee erhält, daß die Sommerwärme nicht ausreicht, ihn zu schmelzen, so entsteht sog. ewiger Schnee, der sich in Firnschnee, Firneis, Gletschereis umwandelt. Der Schnee wird körnig, die Körner vereisen, und so entsteht das Gletscherkorn. Die Höhenlinie, die die untersten Flecken und Ränder von Firn untereinander verbindet, ist die Schneegrenze; sie liegt über den Gletscherzungen, die aus der Firnregion in die Täler hinabwandern. Auf die Gletscher soll später eingegangen werden.

Schneedecke und Wintereis. Von großer klimatischer Bedeutung sind Schneedecke und Eismassen. Wo eine geschlossene Schneedecke über das Land ausgebreitet ist, wie in Rußland und Sibirien, bleibt die Temperatur meist unter Null. Einmal ist die Ausstrahlung des Schnees bedeutend. Ferner selbst wenn Winde Wärme bringen, wird diese zum Schmelzen des Schnees verbraucht, und die Temperatur kann Null Grad nicht übersteigen. Im Frühjahr wird deshalb ein großer Teil der Wärme zum Schmelzen des Schnees und Eises verbraucht; daher setzt der Frühling spät ein. Mit Eis erfüllte Meere wirken ähnlich. Das Eis des Weißen Meeres und der Hudson Bai z. B. bedingt die Rauheit des Klimas der umgebenden Länder im Frühjahr. Ferner bewirkt die Schneeschmelze ein Anschwellen der Flüsse, das gefährlich werden kann, namentlich bei den nach Norden fließenden Strömen Rußlands, Sibiriens und Kanadas, weil das Hochwasser im warmen Süden beginnt, während im Norden noch Eis die Flüsse bedeckt. Dann kommt es zu Eisgang und Eisverstopfungen.

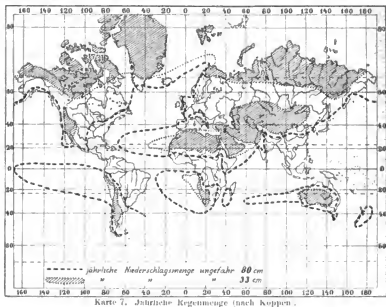
Kurz erwähnt sei noch die klimatische Bedeutung der Lawinen. Indem die Schneemassen des Hochgebirges in die Täler hinabgleiten und dort schmelzen, erfolgt ein Ausgleich zwischen den Temperaturen der Täler und Gipfel, von denen erstere erheblich stärker und schneller erwärmt werden als letztere.

f) Die Niederschlagsmengen der Erde.

Die Niederschläge, die im Laufe eines Jahres fallen, sind recht ungleichmäßig verteilt. Gebiete mit starker konvektiver und zyklonalen Bewegung der Luft sind regenreich, solche mit Antizyklonen aber regenarm. Wo aus kalten Gegenden Winde wehen, herrscht meist Regenarmut und umgekehrt. Gebirge an Küsten mit Seewinden werden meist starke Niederschläge erhalten. Am schnellsten unterrichtet die Übersichtskarte Köppens (Karte 7), der zwei Linien gleicher Regenmengen zieht, die von 800 und die von 330 mm. So werden Gebiete mit mittleren Niederschlagsmengen von regenarmen und regenreichen getrennt. Innerhalb der letzteren könnte man noch die sehr regenreichen mit über 2000 mm ausscheiden. (Karte 17).

Es fällt von regenreichen Gebieten sofort der feuchte Gleichergürtel mit Zenithalregens ins Auge, sowie die feuchten, subpolaren Regionen über den Meeren mit vorwiegend zyklonalen Regen. Dagegen beginnen auf dem Lande in den subpolaren Gürteln Gebiete mit mäßigem Niederschlag, der im Winter meist von zyklonalem, im Sommer von konvektivem Typus ist. Sie umfassen auch große Gebiete der Subtropen im Bereich der Passate auf den Meeren. Die regenarmen Gebiete aber bilden sieben Inseln. Zwei von diesen liegen um die Pole herum; dort fällt fast ausschließlich Schnee. Die anderen aber nehmen die subtropischen Hochdruckgürtel mit absteigender Luftbewegung ein oder finden sich im

Innern der Erdteile, weil an deren erhöhten Rändern die Seewinde ihre Feuchtigkeit verloren haben. Dazu gehört das Innere von Mittel- und Vorderasiens und die Sahara, die Felsengebirgsregion, das Innere Australiens, Südafrikas und Südamerikas in den Subtropen. Wo aber die Passate, aus kälteren Ländern kommend, ein Festland überwehen und auf das Meer über-



Karte 7. Jährliche Regenmenge (nach Köppen).

treten, zieht sich die Trockenzone aufs Meer hinaus, so namentlich auf den Westseiten von Südamerika und Süd- und Nordafrika, weniger deutlich von Australien und Kalifornien.

Die regenreichsten Gebiete schließlich erreichen ihre größte Ausdehnung in den Tropen, namentlich über den Meeren und in den von Seewinden überwehten Küstenländern. In Südamerika spielt das von Sümpfen und Flüssen erfüllte Amazonasbecken, in Afrika das Kongobecken, eine ähnliche Rolle wie das Meer. In den subpolaren Gürteln erreichen nur die Gebirge, namentlich an Küsten mit warmen Seewinden, über 2000 mm Regen. Dazu kommt ein ausgedehntes ozeanisches, regenreiches Gebiet zwischen Europa und Neufundland im Bereich der warmen, atlantischen Strömung und der ständigen Tiefdruckwirbel.

g) Die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge.

Wichtiger fast als die Höhe der jährlichen Niederschlagsmenge ist ihre jahreszeitliche Verteilung. Ein Land mit 2 m Regen, der in 2—3 Monaten fällt, ist schlechter gestellt als ein solches mit 1 m gleichmäßig verteilter Niederschläge, namentlich bei großer Wärme; denn auch die Temperatur ist wichtig. Sibirien wäre bei 3—400 mm Regen nicht ein Waldland, sondern eine Wüstensteppe, wenn es dauernd heiß wäre. So kommt es denn sehr darauf an, ob die Regen im Sommer, im Winter oder zu allen Zeiten fallen. In den Wüsten ist es freilich gleichgültig, in welcher Jahreszeit es einmal regnet, da sie so selten sind, und es oft auch immer warm ist.

Für die Entstehung von Sommer- und Winterregen ist das von Supan erkannte Gesetz von größter Wichtigkeit:

Sommerregen stammen überwiegend von dem Lande und sind überwiegend konvektiv, Winterregen stammen dagegen von warmen Meeren und sind zyklonale oder Steigungsregen.



Karte 8. Jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge (nach Supan).

Wo also Seewinde vom wärmeren Meer in ein Bergland wehen, sind Winterregen zu erwarten. Wo aber ein Land mit Wäldern, Seen und Flüssen im Sommer stark erhitzt wird, sind Konvektionsregen die Regel. Wo neben konvektiven Regen auch zyklonale oder ferner Steigungsregen herrschen, ist der Niederschlag ziemlich gleichmäßig verteilt, d. h. es herrschen Jahresregen.

Die Winter- und Sommerregengebiete kann man nun noch nach Supans Vorgang in solche mit strengen und mit mäßig periodischen Winter- bzw. Sommerregen einteilen. Streng periodische Gebiete haben ausgesprochene Regen- und Trockenzeiten, während in den Regionen mäßig periodischer Regen auch außerhalb der Regenzeit Niederschläge nicht ungewöhnlich sind.

Ferner kann man es als Regel bezeichnen, daß zwischen Gebieten mit extremer jahreszeitlicher Verteilung, also z. B. zwischen Winter- und Sommerregengebieten ein Übergang stattfindet, und zwar unter Vermittlung der streng und mäßig periodischen Regen. Nur hohe Gebirge können scharfe Wetterscheiden bilden; dann ist die Übergangszone schmal.

Als Beispiel solcher allmählicher Übergänge seien folgende erwähnt: Streng periodische Sommerregen — mäßig periodische Sommerregen — Regen zu allen Jahreszeiten — mäßig periodische Winterregen — streng periodische Winterregen — mäßig periodische Sommerregen — streng peri-

odische Sommerregen — Wüstenklima — streng periodische Winterregen — mäßig periodische Winterregen — Regen zu allen Jahreszeiten.

Betrachten wir nun auf Karte 8 die Regionen mit verschieden verteiltem Niederschlag! Der Gleichergürtel hat überwiegend Zenithalregen im Frühling, Sommer und Herbst, die man als Sommerregen zusammenfassen kann und dieses gewaltige Sommerregengebiet geht nach Norden in das des asiatischen und nordamerikanischen Festlandes über. Nach Süden erstreckt es sich über den größten Teil Südamerikas und Südafrikas und über NO-Australien. Auch Ozeanien dürfte meist Sommerregen haben oder solche zu allen Jahreszeiten.

Diesem großen einheitlichen Sommerregengebiet der Tropen und der subpolaren Festlandmassen stehen drei große Winterregengebiete gegenüber, nämlich zwei inselförmige — das nordatlantische und nordpazifische Gebiet — auf der nördlichen und die ringförmige Region der Westwinde auf der südlichen Halbkugel mit zyklonalem Regen.

Zwischen diesen extremen Gebieten finden nun Übergänge statt. Zwischen dem nordatlantischen Winterregen- und dem asiatischen und nordamerikanischen Sommerregengebiet liegt ein breiter Gürtel mit ziemlich gleichmäßigen Niederschlägen in Europa, bzw. im östlichen Nordamerika. Sehr viel schmaler ist die gleichartige Übergangszone zum nordpazifischen Winterregengebiet in Kamtschatka, Japan und im Felsengebirge.

Auf den drei Südfestländern — Südamerika, Afrika, Australien — gehen in der Nähe der Südküsten die Sommerregen der Tropen in die Winterregen der südlichen Halbkugel über. Den Übergang vermittelt an der Westküste eine Wüstenregion, im Osten ein Gebiet mit Regen zu allen Jahreszeiten. In den Anden ist der Unterschied zwischen der Ost- und Westseite sehr groß und das Übergangsgebiet schmal.

Viel bezeichnender ist aber der Übergang zwischen dem Sudan und Europa. Das Sommerregengebiet des Sudans geht nach Norden hin in eine Wüste mit streng periodischen, spärlichen Sommerregen, dann in eine solche mit streng periodischen, spärlichen Winterregen über. Durch Zunahme der Niederschläge entsteht das mäßig periodische Winterregengebiet der Mittelmeerländer, und indem die Niederschläge sich auch auf Frühling und Herbst ausdehnen, entsteht schließlich das mitteleuropäische Gebiet der Jahresregen. Dieses geht nach Osten hin (Rußland, Sibirien) in ein Gebiet überwiegender Sommerregen über.

Am schnellsten erfolgen solche Übergänge in Gebirgen, die wie die Alpen oder Anden Wetterseiden sind.

Das europäische Gebiet mit Regen zu allen Jahreszeiten geht in das atlantische Winterregengebiet über, und dieses wiederum in das breite, nordamerikanische Jahresregengebiet. Aus diesem entwickelt sich nach Westen hin ein Sommerregengebiet, das seinerseits unter Vermittlung des Trockengebietes der Felsengebirgstafel in das pazifische Winterregengebiet übergeht.

Da der Kulturwert eines Landes zum Teil von der jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge abhängt, so gibt die Karte auch bis zu einem gewissen Grade ein Bild von dem Kulturwert der Länder. Die Regionen mit Jahresregen sind am meisten bevorzugt, und in der Tat sind Europa und das östliche Nordamerika, Südbrasilien bis zum La Plata, ferner die Sundainseln, das südöstliche Australien, sowie Neuseeland und Tasmanien Gebiete hoher Kultur bzw. reichlicher Erzeugnisse. Weniger zeigt sich dies in Südafrika und Südchile. Innerhalb der Winter- und Sommerregengebiete sind aber die Gebiete mit mäßig verteiltem Regenfall erheblich günstiger gestellt als die mit streng periodischem. Die Bevorzugung der Mittelmeer-

länder, Westindiens, Chinas, des Kongobeekens, des inneren Nordamerikas und Südamerikas tritt deutlich hervor. Indes kann der Mensch gerade in den streng periodischen Regengebieten durch künstliche Bewässerung zu hoher Kultur gelangen, wie in Ägypten, Babylonien, Syrien, Indien, Turkestan und Kalifornien.

4. Lufterlektrizität.

Die Lufterlektrizität äußert sich in einer Reihe von Erscheinungen, so im Elmsfeuer, im Polarlicht u. a. m. allein klimatisch bedeutsam ist doch nur die Erscheinung des Gewitters.

Von der Entstehung der Gewitter macht man sich jetzt folgende Vorstellung. Die Elemente, aus denen sich die chemischen Verbindungen aufbauen, bestehen aus kleinsten Teilchen — den Ionen. Diese sind teils positiv und teils negativ elektrisch. Je ein positives und ein negatives Ion bilden zusammen ein Molekül; aus den Molekülen bauen sich die Verbindungen auf. Nun strahlt die Erde unter bestimmten Umständen positive Elektrizität aus, während die negative zurückbleibt. Daher wird die Erdoberfläche negativ elektrisch. In der Luft erfolgt aber außerdem durch Radium, Kathodenstrahlen und die ultravioletten Sonnenstrahlen eine Ionisierung der Luft, d. h. eine Zerlegung in positive und negative Ionen.

Nun scheinen die negativen Ionen, ähnlich den Staub- und Eispartikeln, für die sich abscheidenden Wassertropfen als Konzentrationspunkte zu dienen. Mit dem Regen fallen dann die negativen Ionen nieder, die Luft wird überwiegend positiv elektrisch, und da ionisierte Luft die Elektrizität gut leitet, kann es zwischen der positiven Luft und der negativen Erde zu Entladungen kommen. Diese bewirken dann den Ausgleich.

Zu Gewitterbildungen kommt es hauptsächlich dann, wenn warme Luft in die Höhe steigt, also bei Konvektion und bei Zyklonen. Letztere bringen im Winter häufig Gewitter, z. B. in Großbritannien und Norwegen. Starke Gewitter begleiten auch die gewöhnlichen Tornados und die furchtbaren tropischen Wirbelstürme. Man unterscheidet demnach Wärmegewitter und Wirbelgewitter. Die Tornados der Tropen sind kurze Wärmegewitter.

Die Höhe der Gewitterwolken ist oft enorm, 11 km und noch mehr. Denn es wächst aus dem ursprünglichen Cumulus zuerst eine Haube, dann ein mächtiger Schirm heraus, der oben mit flacher Wölbung glatt abschneidet und über dem oft noch Cirren schweben. Infolge des schnellen Emporschießens der Haube gelangt warme, feuchte Luft in eiskalte Regionen; daher ist die Entwicklung von Hagel während der Gewitter so häufig.

Kapitel IV. Klimaarten und Klimagürtel.

Indem sich in bestimmten Gebieten die verschiedenen Klimakräfte vereinigen, bewirken sie bestimmte Zustände der Atmosphäre, die recht bezeichnend sein können. Einmal kommt es auf die Lage zur See an (Land- und Seeklima) sodann auf die Meereshöhe (Gebirgs- und Höhenklima). Eine dritte Klimaart wird durch den Mangel an Niederschlägen bedingt (Wüstenklima). Schließlich ist bei verschiedenem Abstand vom Gleicher das Klima recht verschieden, und somit hat man sieben große Klimagürtel

zu unterscheiden: einen Tropengürtel, zwei Subtropengürtel, zwei subpolare Gürtel und zwei polare Kappen. Innerhalb dieser Gürtel sind einige Klimaarten besonders bezeichnend. Wir wollen zuerst einige Klimaarten und dann die Klimagürtel besprechen.

A) Klimaarten.

1. Land- und Seeklima.

Der Unterschied zwischen dem Klima der Meere und der Festlandmassen in allen Klimagürteln beruht auf dem verschiedenen Verhalten des Wassers und des Bodens gegenüber den Sonnenstrahlen. Ersteres erwärmt sich langsam, gibt dafür aber auch nur langsam die Wärme ab. Das Land dagegen erwärmt sich schnell, erkaltet aber auch ebenso schnell und bewirkt durch Ausstrahlung starke Abkühlung. Demgemäß hat das Seeklima eine gleichmäßigere Temperatur der Tage und Jahre bei milden Wintern und kühlen Sommern, die Festländer dagegen haben kalte Nächte und heiße Tage, kalte Winter und heiße Sommer, also eine starke tägliche und jährliche Temperaturschwankung; auch sind Besonnung und Ausstrahlung größer.

Infolge der gleichmäßigeren Temperatur ist die Luftdruckschwankung über der See geringer als über den Festländern. Trotzdem sind die Winde wegen der geringeren Reibung viel stärker auf der See als im Innern des Landes.

Die Luftfeuchtigkeit ist im Seeklima meist größer und dasselbe gilt auch für die Niederschläge, sofern nicht durch besondere Umstände — wie kalte Meeresströmungen oder ablandige Winde — Ausnahmen geschaffen werden.

Über die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge kann man allgemein gültige Gesetze auch nicht aufstellen, höchstens sagen, daß die großen Festlandräume überwiegend Sommerregen haben, während auf den Meeren teils Sommer-, teils Winterregen vorherrschen. Schneeflächen setzen die Winter- und Frühlingstemperatur stark herab.

2. Monsunklimate.

Die mit den Jahreszeiten wechselnden Monsune bedingen bestimmte, bezeichnende Klimate im Tropengürtel. Im Winter wehen in den Küstengebieten der Festländer Landwinde, im Sommer Seewinde. Auf hohen Inseln dagegen, deren Längsrichtung zum Monsun quer streicht, verhalten sich die verschiedenen Seiten verschieden. Da es die Seewinde sind, die Regen bringen, so haben die hohen Küsten der Monsungebiete Sommerregen und Wintertrockenheit. Die genannten Inseln dagegen haben — falls sie hoch sind — teils Sommer-, teils Winterregen, je nachdem diese oder jene Seite Seewind erhält.

Die Monsune sind freilich nicht regelmäßig Regenbringer an Küsten. Sind nämlich Küstenflachländer entwickelt, so weht ein starker Monsun ohne aufzusteigen über das Land hinweg und erst, wenn er sich unter Abnahme der Geschwindigkeit in eine aufsteigende Luftbewegung verwandelt, entstehen Niederschläge.

Die Monsune beeinflussen auch die Temperaturen. Wo in mittleren Breiten, z. B. Ostasien, Monsune wehen, bringen sie stets Abkühlung, da sie im Sommer vom kühlen Meer, im Winter aus dem eisigen Innern kommen.

3. Passatklimate.

Im Bereich der Passate hat das Klima Ähnlichkeit mit dem der Monsungebiete. Ist der Wind kräftig entwickelt, dann bringt er Tiefländern,

auch wenn er von der See kommt, keinen Regen, wohl aber Bergländern. In diesen wird er zum Regenwind. So ist der Passat in den Llanos und in Amazonien ein ausgesprochener Trockenwind, während er den Gebirgsküsten Venezuelas und Ostbrasilens reichliche Niederschläge bringt. Erst da, wo der Passat an Kraft verliert und aufzusteigen beginnt — so im westlichen Amazonien und am Andenhang — da wird er ein Regenwind. In Passat-Flachländern herrscht während des Passates also Trockenheit; erst wenn die Kalmen mit aufsteigender Luftbewegung sich verschieben, setzt die Regenzeit ein, oft mit Gewitterstürmen.

4. Gebirgs- und Höhenklima.

Im Gebirge sind Luftdruck und Temperatur niedriger als im Tiefland. Die Wirksamkeit der Sonnenstrahlung und die der Ausstrahlung dagegen wachsen mit der Höhe, ebenso der Reichtum an chemischen Strahlen. Bezüglich der Temperatur verhalten sich Hochtäler und Berggipfel verschieden. Erstere werden wegen der breiten Landflächen stärker erhitzt und strahlen nachts stärker aus, haben also ein schwankenderes Klima als die Gipfel, die aus Bodenmangel sich nicht stark erwärmen können. Dazu kommt, daß die erhitzte Luft der Gipfel durch Winde leicht verweht wird. Die nächtliche kalte Luft dagegen sich nicht ansammelt, sondern an den Berghängen abwärts sinkt. Auch verhalten sich die verschiedenen Seiten der Gebirge und der einzelnen Ketten oft verschieden, da die Sonnenseiten längere Zeit und unter steilerem Winkel bestrahlt werden als die Schattenseiten.

Auffallend ist die Temperaturumkehr, die in Gebirgen im Winter häufig auftritt. In den Hochtälern oder auch in den Tiefländern zwischen Gebirgen sammelt sich kalte Luft an, während die Gipfel bis zu einer bestimmten Höhe (ca. 1000 m in den Alpen) wärmer sind. Folgendes Beispiel möge es zeigen.

Das Januarmittel ist folgendes:

Ort:	Klagenfurt	N-Schöffleralpe	Obir I	Obir II
Höhe:	440 m	1063 m	1230 m	2140 m
Januar:	— 6,4	— 3,6	— 4,3	— 7,2

Wegen der Kälte der Täler liegen die Höfe und Ortschaften in den Alpen oft hoch auf den Berghängen.

5. Wüstenklima.

Die Temperatur ist wegen des Mangels an Feuchtigkeit und Pflanzendecke tagsüber verhältnismäßig hoch, da Bewölkung, Verdunstung und Schatten, die abkühlend wirken, ganz oder fast ganz fehlen. Besonnung und Ausstrahlung wachsen mit der Meereshöhe und bewirken Zerfall der Gesteine zu Schutt und Staub. Die Winde sind oft heftig, weil sie von keiner Pflanzendecke gehemmt werden, und wirbeln Staubmassen auf. Die absolute Luftfeuchtigkeit kann in Wüsten nahe dem Meere hoch sein und ist auch im Binnenland keineswegs gering. Da aber infolge der Erhitzung die relative Feuchtigkeit gering ist, so kommt es nicht zu konvektiven Regen und oft nicht einmal zu Wolkenbildungen. Dazu tritt als ein Hauptgrund der Regenarmut die absteigende Luftbewegung, da die meisten Wüsten im subtropischen Hochdruckgürtel liegen. Feuchte Wüsten an Küsten mit kaltem Seewasser sind infolge von Mischung von warmer und kalter Luft und infolge nächtlicher Ausstrahlung oft reich an Nebel und Tau.

Sehr häufig freilich — besonders im Winter — bilden sich nicht nur mächtige Wolkenmassen, sondern es fallen sogar reichliche Regengüsse. Allein diese erreichen nicht die Erde, sondern verdunsten in der Luft. Dann sieht

man oft genug hoch oben Wolken mit langen, dunklen Regenschwänzen, die herabhängen, aber nicht die Erde erreichen.

Sind in Wüsten die Kondensationsbedingungen ausnahmsweise einmal günstig, können die Regen bis zur Erde gelangen, dann fallen auch auf einmal für kurze Zeit enorme Wassermengen, zumal der Staubgehalt der Luft die schnelle Kondensation und Tropfenbildung begünstigt.

B) Die Klimagürtel.

Nach den Breiten und der damit zusammenhängenden verschiedenen Erwärmung kann man 4 Arten von Klimagürteln unterscheiden, die mit den Luftdruckgürteln im wesentlichen zusammenfallen.

1. Der Gleichergürtel.

Die Temperatur ist hoch und zeigt geringe jährliche Schwankung. (1—5°) Größer als die jährliche ist die tägliche Schwankung. „Die Nacht ist der Winter der Tropen“, hat man wohl gesagt! Allein auch die tägliche Schwankung ist namentlich an den Küsten gering, wächst aber nach dem Binnenland zu, namentlich auf Hochflächen. Dagegen ist die Schwankung auf hohen Gebirgen gering. Der Luftdruck ist verhältnismäßig gering, die Schwankungen gleichfalls, daher auch die Winde oft schwach entwickelt. An den Küsten herrscht regelmäßig die Seebrise am Tage und die Landbrise nachts. Die Grenzen gegen die Subtropen werden von den Passaten überweht. Zwischen beiden Passatgürteln aber liegen gewöhnlich Kalmen mit aufsteigender Luft. Die Luftfeuchtigkeit ist im Bereich der Kalmen hoch, die Niederschläge gleichfalls und fallen bei Hochstand der Sonne. In den Übergangszeiten zwischen Regen- und Trockenzeit treten die Tornados häufig auf, in gewissen Strichen auch die großen Wirbelstürme. Nach den Niederschlägen hat man einen im Bereich des Gleichers gelegenen Gürtel doppelter Regen- und Trockenzeit und zwei nach den Subtropen zu gelegene Gürtel mit einfacher Sommerregenzeit. Allerdings sind zwei Anschwellungen der Regen (Juni — Juli und September) bzw. Januar und April (südl. Halbkugel) häufig, ja die Regel.

2. Die Subtropen.

Bezeichnend ist der hohe, durch absteigende Luft hervorgerufene Luftdruck — Antizyklo-nen. Daher ist der Himmel klar und wolkenarm. Die Passate gehen von hier aus zum Gleichergürtel, westliche Luftströmungen aber strömen nach den Mittelgürteln hin ab. Die Temperatur ist im Sommer heiß, im Winter kühler als im Gleichergürtel, im Mittel aber ist sie über den Festlandmassen höher, über den Meeren, Inseln und in Küstenländern dagegen niedriger als in dem Gleichgürtel. Die Luftfeuchtigkeit hängt von der Lage zum Meer und von Seewinden ab, desgleichen die Niederschläge. Diese fallen z. T. während des ganzen Jahres, z. T. sind es aber, namentlich an gewissen Küsten und auf Inseln, ausgesprochene Winterregen, während die Sommer trocken sind. Die Entstehung der Winterregen hängt damit zusammen, daß im Winter die Hochdruckregion gleicherwärts rückt und der subpolare Tiefdruckgürtel häufig Zyklonen in die Subtropen sendet. Allein die Ausbildung von Sommerdürre und Winterregen ist hauptsächlich in Tiefländern entwickelt. Höhere Gebirge haben auch Sommerregen, nämlich Steigungsregen, und damit ein dem Mittelgürtel genähertes Klima. Breite Festländer besitzen dagegen meist Wüstencharakter. Die Randgebiete gegen die Mittelgürtel hin werden von wandernden Zyklonen ganz besonders stark beeinflusst, und so entsteht ein Übergangsgebiet mit Herbst und Frühlingsregen, die zu dem dauernd feuchten Mittelgürtel überleiten.

3. Die Mittelgürtel.

Der Luftdruck ist wieder gering und wandernde Zyklonen beherrschen namentlich im Winter das Bild. Die Temperatur ist im Sommer warm, im Winter kalt; von den Küsten nach dem Binnenland hin wachsen die Unterschiede und erreichen in Sibirien und Kanada sehr hohe Werte. Die Niederschläge sind über das ganze Jahr hin verteilt, aber an den Küsten und auf den Meeren mehr Winterregen, im Innern der Festländer dagegen mehr Sommerregen. Sie halten sich der Menge nach — ebenso wie die Temperaturen — in mäßigen Grenzen. Im Winter fällt der Niederschlag in großen Mengen als Schnee und zwar umso stärker, je weiter nach den Polen oder nach dem Binnenland zu. Im Sommer sind die Niederschläge z. T. korrektiv, z. T. zyklonal. Im Winter sind es hauptsächlich zyklonale und Steigungsregen.

4. Die Polarkappen.

Die Temperatur ist im Sommer kalt bis kühl, im Winter sehr kalt. Der Boden ist in der Tiefe dauernd gefroren und tant im Sommer nur oberflächlich auf. Der Niederschlag fällt überwiegend als Schnee; dieser bedeckt im Winter alles Land und bewirkt wegen des Wärmeverbrauchs beim Schmelzen eine Verspätung des Frühlings. Die Meere bedecken sich gleichfalls mit Eis; Inlandeismassen enden als Gletseher im Meere. Die Luft wirkt, obwohl der Temperatur gemäß mit Wasserdampf fast gesättigt, stark austrocknend, weil die absolute Feuchtigkeit so gering ist. Nebel und unbestimmbare Stratusmassen bedecken den Himmel, und die Stürme, mit und ohne Schnee, sind, von keiner Pflanzendecke gehindert, gewaltig, namentlich in dem Süderdteil.

Kapitel V. Die Klimagebiete der Erde (nach Köppen).

Die bisher gegebenen Angaben dienen lediglich dazu, die Erde klimatisch in einige große Gürtel einzuteilen und damit den ersten Überblick zu gewinnen. Mit Rücksicht darauf, daß diese Gürtel klimatisch nicht einheitlich sind, wird man aber danach streben müssen, kleinere Klimagebiete auszuheben, in denen die klimatischen Kräfte — Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Niederschläge — bestimmte Stärke besitzen und in bestimmtem Gleichgewicht stehen.

Die Lösung der Aufgabe, die Erde in solche Klimagebiete einzuteilen, ist von verschiedenen Seiten in Angriff genommen worden. So hat z. B. Supan in seinem bekanntem Lehrbuch nach rein klimatischen Gesichtspunkten die Erde in 21 Klimaprovinzen eingeteilt.

Köppen hat 1901 in der Geographischen Zeitschrift nicht nur nach klimatischen, sondern auch nach pflanzlichen Gesichtspunkten eine Neugliederung vorgenommen und 24 Klimagebiete aufgestellt und nach Charakterpflanzen oder bezeichnenden Erscheinungen benannt. 1918 ist eine neue Arbeit in Petermanns Geographischen Mitteilungen von ihm über diesen Gegenstand erschienen und diese soll nachfolgender Darstellung zu Grunde gelegt werden. Das Verhältnis zwischen der hier gegebenen Einteilung und der Köppens ist folgendes.

Die Grundsätze Köppens werden genau so, wie er sie anwendet, bei-

behalten. Es erfolgt aber eine andere Zusammenfassung bei abweichender Namengebung und zwar aus landschaftskundlichen Gründen. Es ist nicht zweckmäßig, Norddeutschland mit Klimagebieten wie Abessinien, Hindustan und den Pampas zu vereinen, weil die Temperatur des kältesten Monats zwischen 18° und 2° liegt, dagegen Ostpreußen an Rußland und Sibirien anzuschließen, weil der Januar kälter als -2° ist, und weil die Schneedecke eine größere Rolle spielt. Deshalb wird folgende Einteilung gewählt. (Vergl. Karte 9—14.)

A) Einteilung in 4 Klimagürtel.

1. Der Tropengürtel.

Die mittlere Jahrestemperatur liegt über 20° . Die Gebiete sind also dauernd warm, und erst mit der Meereshöhe erfolgt eine Abnahme, die aber bei Reduktion auf den Meeresspiegel ausgeschaltet wird. Die Niederschläge sind entweder auf den Sommer beschränkt, oder es sind zwei Regen- und zwei Trockenzeiten vorhanden, oder das ganze Jahr ist feucht.*)

2. Die Trockengebiete.**)

Der Niederschlag ist gering, die Temperaturen sind verschieden, meist aber hoch. Die Abgrenzung gegen die regenreicheren Gebiete bildet eine Linie, die alle Orte umfaßt, die im regenreichsten Monat 11 Regentage und weniger besitzen.

Außerdem ist das Verhältnis zwischen Temperatur und Niederschlag wichtig; je höher die erstere, umso höher muß der letztere sein, damit noch Bäume gedeihen können und nicht Gras oder Gestrüpp herrschen. Das Verhältnis ist folgendes. In Trockengebieten fällt bei einer Temperatur von 25° 20° 15° 10° 5° 0° — 5° C. Regen unter 70 60 50 40 30 20 10 cm

3. Der Subtropengürtel.***)

Die Jahrestemperatur, auch wenn sie auf den Meeresspiegel reduziert ist, ist höher als 10° ; die des wärmsten Monats liegt über 20° , die des kältesten über 0° . Die Niederschläge fallen z. T. in den Winter, z. T. sind sie mehr oder weniger regelmäßig über das Jahr hin verteilt; in manchen Gebieten sind Frühsommerregen, in anderen auffallend heftige, aber seltene Niederschläge zu allen Jahreszeiten bezeichnend.

4. Die Mittelgürtel.†)

Die Temperatur des kältesten Monats liegt unter 0° , die des wärmsten Monats zwischen 22° und 0° .

5. Die Schneeklimate.††)

Die mittlere Temperatur des wärmsten Monats liegt unter 10° .

Diese 5 Klimaarten sind gürtelförmig angeordnet, z. T. geschlossen über die ganze Erde hinweg, z. T. aber nur lückenhaft entwickelt.

Geschlossen sind der Tropengürtel und die beiden Mittelgürtel. Der südlichste Mittelgürtel erreicht zwar nicht Südafrika, bildet aber auf dem Meer einen geschlossenen Ring. Lückenhaft sind die beiden Trockengürtel und die beiden Subtropengürtel ausgebildet.

*) Dieser Klimagürtel umfaßt die A-Klimate und Cw-Klimate Köppens.

**) Sie fallen genau mit den B-Klimaten Köppens zusammen.

***) Die Klimate Cs, Cfa und Cx bzw. Cfx Köppens.

†) Die Cfb und alle D-Klimate Köppens.

††) Genau die E- und F-Klimate Köppens.

Die Schneeklimate bedecken als geschlossene Kappen die Polargebiete und liegen inselartig auf Hochgebirgen und Hochländern.

B) Gliederung der einzelnen Klimagürtel.

Diese 4 Klimagürtel gliedern sich nun noch in Unterabteilungen, z. T. nach der Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Verteilung des Niederschlags u. a. m. Demgemäß erhält man folgende Gesamtgliederung der Erde in Klimagebiete.

1) Der Tropengürtel.

Dauernd hohe Temperatur und geringe Temperaturschwankungen (bis 15°). Die 20°-Isothermen bilden die Grenzen. Dieses große Gebiet kann man nach Niederschlag und Temperatur in 4 Unterabteilungen zerlegen.

1. Die dauernd feuchten Tropenklimate oder tropischen Regenwaldklimate (Köppens Af Klimate).

Der Niederschlag ist hoch—über 1500 mm—und über das Jahr hin verhältnismäßig gleich verteilt, so daß der regenärmste Monat noch über 6 cm Regen hat. In diesen Gebieten sind tropische Regenwälder entwickelt; daher die Bezeichnung tropisches Regenwaldklima.

Köppen unterscheidet nun noch mancherlei Abweichungen, die er mit Buchstaben ausdrückt.

Im allgemeinen ist die jährliche mittlere Temperaturschwankung gering. Die Gebiete, wo die Schwankung weniger als 5° beträgt, kennzeichnet er mit dem Buchstaben i, also Klima Af i. Sie sind auf den Karten durch Buchstaben gekennzeichnet.

Manche Gebiete haben eine doppelte Regenzeit, weil sich mitten im Sommer eine kleine Trockenzeit bemerkbar macht. (Köppens Zeichen w".) Ferner kann entweder der Sommer oder der Winter verhältnismäßig trocken sein. Dann fügt Köppen ein s bzw. w hinzu.

Afw bedeutet also dauernd feucht, mit verhältnismäßiger Trockenheit im Winter. Afs dauernd feucht mit verhältnismäßiger Trockenheit im Sommer.

Wenn aber die verhältnismäßige Sommer- bzw. Wintertrockenheit mehr nach dem Herbst hin verschoben ist, dann drückt Köppen diese Verschiebung durch das Zeichen s bzw. w¹ aus.

Mit den feuchten Tropenklimate vereinigt Köppen auch die Monsunklimate, die eine ausgesprochene Trockenzeit haben, aber doch noch Regenwald besitzen. Er weist daraufhin, daß das Verhältnis zwischen Regenmenge und Zahl der Trockenmonate ausschlaggebend ist. Bei über 2000 mm Regen können bis 4 Monate, bei 1500—2000 mm Regen aber nur 1—2 Monate trocken sein, ohne dem Wald zu schaden.

2. Die heißen Sommerregengebiete. — Köppens Aw-Klimate.

Die Temperatur des kältesten Monats ist über 18° C. Die Niederschläge fallen in den Sommer, die Wintermonate sind trocken. Bei der Aufstellung dieser Klimate hat sich Köppen nach folgendem Verhältnis zwischen Niederschlagsmenge im Jahr und im regenärmsten Monat gerichtet.

Im regenärmsten	bei	100	150	200	250	cm Jahresmenge
Monat		höchstens	6	4	2	0 cm Regen

Die obere Höhengrenze der heißen Sommerregengebiete mit über 18° im kältesten Monat (nicht auf den Meeresspiegel reduziert) liegt im

Gleichergebiet etwa in 1200 m Meereshöhe, und erreicht im Bereich der Wendekreise etwa den Meeresspiegel.

Auch die heißen Sommerregenkimate zerfallen in einige Unterabteilungen. So haben manche eine kleine Trockenzeit, die sich zwischen zwei Regenzeiten schiebt (= Aw'' Köppens).

Im Sudan ist die Erscheinung auffallend, daß der kühlsste Monat nach der Sommersonnenwende auftritt. (Juli, bzw. Januar) (= Awu Köppens). In anderen Gebieten dagegen fällt er vor die Regenzeit (= Awg Köppens).

Manche Gebiete haben weniger als 5° jährliche Temperaturschwankung.

3. Die warmen Sommerregengebiete (= Cw Köppens).

Die Temperatur des kältesten Monats liegt unter 18° C. Die Regen sind an den Sommer gebunden. Die Meereshöhe ist am Gleiche 1200—3000 m, sinkt aber an den Wendekreisen bis zum Meeresspiegel herab.

An Unterabteilungen fehlt es nicht.

In manchen Gebieten ist die Sommer sehr heiß, der wärmste Monat über 22°, so z. B. in Hindustan, Hongkong, Gondar, Mexiko, Kimberley (= Cwa Köppens).

Andere haben ausgesprochen die heißeste Zeit vor der Regenzeit — Kimberley, Tsingtau. (= Cwg Köppens.) Milde Sommer sind dagegen solche mit weniger als 22° im wärmsten Monat — Pietermaritzburg, Neufreieburg in Südbrasilien (= Cwb Köppens). Auch gleichmäßige Temperatur mit weniger als 5° jährliche Schwankung kommt vor — Adisabeba, Quito (= Cwi Köppens).

II) Die Trockengebiete. (B-Kimate Köppens.)

Die Trockengebiete haben im regenreichsten Monat 11 und weniger Regentage. Ferner stehen Niederschlagsmenge und Jahresmittel der Temperatur in einem bestimmten Verhältnis, wie oben bereits festgestellt wurde.

Bei Temp. von 25° 20° 15° 10° 5° 0° —5°

Regen unter 70 60 50 40 30 20 10 cm.

Nach der Regenmenge teilt Köppen die Trockengebiete in Steppen- und Wüstenkimate ein. Wir wollen hier von Salzsteppenklimate und Wüstenklimate sprechen.

Als Grenzwert gegen die feuchteren Klimate gilt das oben angeführte Verhältnis 25:70 cm usw. Als Grenzwert zwischen Salzsteppen- und Wüstenklimate aber wählt Köppen folgendes Verhältnis zwischen Regenmenge und Temperatur:

Bei Temp. von 25° 20° 15° 10° 5° 0° —5°

Regen unter 35 30 25 20 15 10 5 cm

Er nimmt also die Hälfte des Niedersehlags an, der an der Grenze der Salzsteppen gegen feuchte Gebiete fällt.

a) Die Salzsteppenklimate (= BS-Kimate Köppens).

Nach den Temperaturverhältnissen und der Verteilung der Niederschläge gliedern sich die Salzsteppenklimate in folgende Unterabteilungen.

Heiße Sommerregen-Salzsteppenklimate haben heiße Sommer und warme Winter. Die Jahrestemperatur liegt über 18° — der Sudan am Südrand der Sahara, das untere Indusgebiet, Damaraland (= BShw Köppens). Der Wärmegang ist zuweilen der des Sudautypus, d. h. der kälteste Monat folgt auf die Sommersonnenwende.

Heiße Winterregen-Salzsteppenklimate haben die gleichen hohen Temperaturen — Jahresmittel über 18° — aber Winterregen — Nordrand der Sahara, Baku, Californien (Tulare) (= BSht Köppens).

Sommerheiße, winterkalte Salzsteppen-Klimate mit Winterregen haben eine Jahrestemperatur unter 18° , aber im wärmsten Monat über 18° (= BSkw Köppens) — Odessa, Barnaul, Denver.

Sommerwarme, winterkalte Salzsteppenklimate mit Winterregen haben bei Winterregen eine mäßige Sommertemperatur, nämlich unter 18° im wärmsten Monat (= BSkw Köppens) — Chabut.

b) Die Wüstenklimate (= BW Köppens).

Der Niederschlag ist so gering, daß es praktisch gleichgültig ist, in welcher Jahreszeit er fällt. Sein Verhältnis zur Jahrestemperatur ist, wie oben bereits angegeben worden ist:

Bei Temp. von	25°	20°	15°	10°	5°	0°	-5°
Regen unter	35	30	25	20	15	10	5 cm

Die Wüsten lassen sich aber doch gliedern und zwar nach der Luftfeuchtigkeit und der Temperatur. Die Hauptgruppen sind die feuchten und die trockenen Wüsten, und diese zerfallen nach der Temperatur in heiße und kalte Wüsten.

1. Die feuchtkühlen Wüsten (= BWn-Köppens) liegen an Küsten mit kaltem Meereswasser — Auftriebwasser oder Meeresströmungen. Die Temperaturen sind verhältnismäßig niedrig, der Sommer unter 24° , die Jahrestemperatur unter 20° . In manchen Gebieten sind Nebel häufig (= BWn Köppens), so z. B. an der Küste von SW-Afrika und Peru-Nordchile, in anderen Gebieten dagegen selten (BWn' Köppens) — Agadir und sonst an der mediterranischen Küste.

2. Die feucht-heißen Wüsten haben hohe Luftfeuchtigkeit bei hoher Temperatur. Die Sommerwärme liegt über 28° (= BWp Köppens) — Rotes Meer im Süden (Massana) und Persischer Golf (Buscher).

3. Die feucht-warmen Wüsten haben warme Sommer bei hoher Luftfeuchtigkeit, nämlich 24° – 28° (= BWp' Köppens) — Alexandrien.

4. Die trocken-heißen Wüsten haben große Sommerhitze und hohe Jahrestemperatur, über 18° , bei großer Lufttrockenheit (= BWh Köppens) — Ägypten, Kalifornische Wüste im Süden, Gr. Namaland, inneres Australien, nördliches Argentinien.

5. Die sommerheißen, winterkalten Wüsten haben warme Sommer (über 18°) und mäßige Jahrestemperatur (unter 18° , meist zwischen 10° – 18°) bei großer Lufttrockenheit (= BWk Köppens) — Aralo-Kaspiisches Tiefland, nördl. Patagonien, nördl. Kalifornische Wüste.

6. Die sommerwarmen, winterkalten Wüsten haben eine Sommertemperatur unter 18° und Jahrestemperatur unter 10° (= BWk' Köppens) — südl. Patagonien.

III) Die Subtropengürtel.

Die Subtropenklimate sind durch heiße bis warme Sommer und milde Winter ausgezeichnet. Die mittlere Jahreswärme ist über 16° ; die Temperatur des kältesten Monats über 6° , die des wärmsten aber über 20° . Wegen der Verschiedenheit in der Verteilung der Niederschläge kann man Unterabteilungen unterscheiden.

1. Die dauernd feuchten Subtropenklimate (= Cf Köppens) haben heiße Sommer; der wärmste Monat ist über 22° . Die Winter sind mild, ausgeprägte Trockenzeiten fehlen (= Cf Köppens). Beispiele sind das südliche Japan (Nagasaki), die Südstaaten N-Amerikas und deren Ostküste bis 40° n. Br., Südbrasilien und Uruguay, die Küste von Neu-Süd-wales.

2. Die Übergangsklimate mit Frühsommerregen kann man,

wenn sie auch unter sich verschieden sind, als eine Gruppe zusammenfassen. Sie liegen z. T. zwischen subtropischen und tropischen Klimagebieten — Südküste des Kaplandes — z. T., zwischen subtropischen und gemäßigten Klimagebieten — Prairien N-Amerikas, Poebene, Kastilien, Südfrankreich. Es fehlen ausgeprägte, anhaltende Trockenzeiten, aber immerhin überwiegen Frühlingsregen, während die Spätsommer trocken sind (= Cfx Köppens). Hierher kann man auch, wenn sie auch von den Subtropen abgetrennt sind, das ungarisch-kroatische Tiefland und die Walachei rechnen.

3. Die subtropischen Winterregengebiete. (= Cs Klimate Köppens.) Heiße trockene Sommer und milde nasse Winter sind bezeichnend. Man kann aber nach der Sommertemperatur heiße und warme Winterregengebiete unterscheiden. Erstere haben im wärmsten Monat Temperaturen von über 22° C, letztere solche von unter 22° C.

Beispiele für die heißen Winterregenklimate (= Csa Köppens) sind die Mittelmeerländer (Neapel, Smyrna, Malaga), Californien (Sacramento), Südastralien (Adelaide), Kapland (Clan-William), für warme Winterregengebiete (Csb Köppens) Portugal, Kapstadt, San Francisco, Valparaiso. Also an den Küsten der Ozeane warmes, dagegen im Innern des Landes, im abgeschlossenen Mittelmeergebiet sogar an den Küsten, heißes Winterregenklima.

4. Das Paupasklima ist ein ganz eigenartiges Klima, dessen Einordnung nach Köppens Darlegungen große Schwierigkeiten macht. Die Regenmenge ist bedeutend, liegt nämlich zwischen 500—1000 mm und ist obendrein über das ganze Jahr hin verteilt, allein die Regendichte ist so groß, daß 15—20 mm pr. Regentag fallen. Demgemäß ist die Zahl der Regentage nur eine geringe, und deshalb hat das Land das Aussehen eines Trockengebietes (= Cfx Köppens).

IV) Die Mittelgürtel.

Die unter diesem Namen zusammengefaßten Klimate sind durch eine ziemlich gleichmäßige Verteilung mittelhoher Niederschläge über das ganze Jahr hin ausgezeichnet. Die Sommer sind warm und selbst heiß, die Winter kühl bis sehr kalt. Vielleicht die niedrigsten Temperaturen der Erde sind gerade in diesen Klimagebieten zu finden. Die Polargrenze wird durch die Baumgrenze (= 10° Isotherme des wärmsten Monats) gebildet. Nach den Temperaturverhältnissen kann man die Mittelgürtel in Unterabteilungen gliedern.

Für die Gliederung in Unterabteilungen ist das Auftreten einer langanhaltenden Schneedecke entscheidend. Diese beginnt bei einer Temperatur von weniger als -2° des kältesten Monats. Die Klimate mit Schneedecke faßt Köppen als D-Klimate zusammen. Sie seien hier kontinentale Mittelklimate genannt und den ozeanischen Mittelklimaten (= Cfb Köppens) gegenübergestellt.

Diese D-Klimate zerfallen nach der Sommerwärme und z. T. nach der Winterkälte und jahreszeitlichen Verteilung des Niederschlages in mehrere Unterabteilungen. Folgende Gliederung ist nach Köppen begründet.

1. Ozeanische Mittelklimate (= Cfb Köppens).

Die hierher gehörenden Gebiete werden von den Ozeanen aus stark beeinflusst und sind deshalb durch kühle Winter und milde bis warme Sommer ausgezeichnet. Der wärmste Monat hat weniger als 22°, aber mindestens 4 Monate haben über 10°. Der kälteste Monat hat über -2°. West- und Mitteleuropa mit Ausnahme der Mittelgebirge, Nordspanien, Oregon und die

Westküste Kanadas, Feuerland, Tasmanien und Neuseeland in den Tieflandgebieten, sogar Viktoria nebst den australischen Mittelgebirgen können als Beispiele angeführt werden.

2. Sommerheiße kontinentale Mittelklimate (= Dfa Köppens)

Sie sind durch heiße Sommer und kalte Winter ausgezeichnet. Die kältesten Monate besitzen 0 bis 10°, die wärmsten aber über +22°. Die Ebenen westlich des Mississippi in 40° Br. und das südliche Seengebiet (Cleveland) in Nordamerika sind hier zu nennen.

3. Die sommerwarmen, winterkalten kontinentalen Mittelklimate (= Dfb Köppens).

Der wärmste Monat besitzt unter 22°, 0—4 Monate haben über 10° im Sommer. Die Winter sind kalt, die Schneedecke ist ausdauernd; der kälteste Monat hat —2 bis etwa —20°. Schnoeschmelze und Eisgang im Frühling sind bezeichnende Erscheinungen. Beispiele sind West- und Mittel-Rußland, die Höhenstufen der mitteleuropäischen Gebirge über dem Laubwald, Nordamerikanische Ebene nordwestlich der großen Seen.

4. Sommerwarme, aber sehr winterkalte kontinentale Mittelklimate (= Dfe Köppens).

Die Sommer sind warm, aber kurz, nur 1—4 Monate über 10°. Die Winterkälte liegt unter —36°. Der Niederschlag ist über das Jahr hin ziemlich gleichmäßig verteilt — inneres Alaska, westliches Sibirien, aber auch südl. Lappland (Haparanda).

5. Die kontinentalen Sommerregen-Mittelklimate Ost-Asiens. (= Dw Klimate Köppens.)

Das nördliche Ostasien — im Innern nördlich der Jangtschiang in 30° n. Br., an der Küste in 40° n. Br. beginnend, ist durch Sommerregen und mäßige Wintertrockenheit ausgezeichnet und wird von Köppen unter den Buchstaben Dw zusammengefaßt. Trotz der Küstenlage herrscht ein Binnenklima mit sehr kalten Wintern, aber warmen Sommern. Die Temperaturverhältnisse gestatten eine Teilung in 4 Unterabteilungen.

a) Sommerheiße und sommerfeuchte kontinentales Mittelklima herrscht in Nordechina und in der Mandschurei im Innern. Der wärmste Monat hat über 22°. (Dwa Klima Köppens.)

b) Sommerwarmes und sommerfeuchtes kontinentales Mittelklima hat das Küstengebiet der Mandschurei und das Amurgebiet. Die Temperatur des wärmsten Monats liegt unter 22°; mindestens 4 Monate haben über 10°. Die Winter sind kalt (—15 bis —20° im Januar). (= Dw Köppens).

c) Sommerwarmes, sehr winterkaltes kontinentales Sommerregen-Mittelklima hat das östliche Sibirien. Die Sommer sind verhältnismäßig kurz, nämlich nur 1—4 Monate über 10°, und feucht. Der Juli hat rund 20°. Die Winter sind sehr kalt, —20 bis —36° (= Dw Köppens).

d) Sommerwarmes und -feuchtes kontinentales Mittelklima mit größter Winterkälte (= Dwd Köppens). Die Sommer sind warm, aber kurz, nämlich 1—4 Monate über 10°, im Juli rund 15°, die Winterkälte aber ist die größte, die überhaupt bekannt ist, überall über 36° Kälte und örtlich über 45° Kälte im Januar (mittlere Temperatur).

V) Die Schneeklimate.

Die Sommerwärme ist gering, nämlich unter 10° im wärmsten Monat und auch nicht länger als 1—2 Monate. Nach der Sommerwärme zerfallen die Schneeklimate in 2 Unterabteilungen.

1. Die Tundrenklimate (= E-Klimate Köppens).

Sie haben eine Temperatur von 0 bis $+10^{\circ}$ im wärmsten Sommemonat. Die Winterkälte ist groß, meist über 15° Kälte im Januar. Dem Tundrenklima ist dauernder Eisboden und Fehlen der Gehölze eigen. Ihm gehören Nordkanada und die Inseln, Nordrußland und Nordsibirien, Grönlands Küsten, zum größten Teil Island bei geringer Winetrikälte, aber auch geringer Sommerwärme an. Tundrenklima herrscht über der Waldgrenze in den Gebirgen. In diesen ist es am ausgedehntesten in den Puna-Hochländern der Anden und in dem breit entwickelten alpinen Hochland von Tibet (= EH-Klima Köppens). Vom Feuerland gehört noch die Südspitze, vom Süderdteil aber einige Randgebiete dem Tundrenklima an.

2. Das Klima des ewigen Frostes (= F-Klimate Köppens).

Gletscher und Inlandeis sind verbreitet. Der wärmste Monat hat eine Mitteltemperatur von unter 0° . Es beherrscht den ganzen Süderdteil und Grönland — bis auf Randgebiete — und findet sich insel förmig auf den höchsten vereinten Gebirgen, selbst der Tropen, wie Himalaya und Anden, Kilimandjaro-Gipfel u. a.

VI) Das Klima der Höhenstufen.

1. Die tropischen Bergklimate. (= Cfi Köppens im Bereich der Tropen.)

Die oben beschriebenen warmen Sommerklimate finden sich im Gleichegebiet auf den Tafelflächen von 1200—3000 m Mh.; das tropische Bergklima ist aber doch etwas abweichend. Temperaturen des wärmsten und kältesten Monats schwanken nur um etwa 5° ; bestimmte Grade lassen sich nicht angeben, weil die Temperatur mit der Höhe dauernd abnimmt, und nach oben ein Übergang zum Schneeklima stattfindet. Jedenfalls sind die Sommer kühl, die Winter mild, und Niederschläge in allen Monaten vorhanden. Der Reichtum an Nebel und Wolken ist in der Höhe von rund 3000 m groß, weiter höher hinauf wird die Luft trockener, die Niederschläge nehmen ab, und statt des Regens fällt immer häufiger Schnee. Was das tropische Bergklima von dem Klima des Mittelgürtels unterscheidet, ist namentlich die Stärke der Sonnenstrahlung und die Tageslängen, die niemals so kurz sind wie bei uns im Winter. Der Unterschied zwischen Sommer und Winter verschwindet schließlich in der Höhe fast ganz. In 4500—6000 m Mh. beginnt das Schneeklima mit ewigem Schnee und dauernd niedrigen Lufttemperaturen, die besonders unter dem Einfluß der nächtlichen Ausstrahlung stehen.

2. Höhenstufen außerhalb der Tropen.

In den Subtropen folgt auf das dauernd oder winterfeuchte Klima eine Höhenstufe mit Mittelklima und zwar der Reihe nach Cfb, Dwb und dann das Tundren- und Eisklima.

In dem Mittelgürtel ist die Anordnung die gleiche, nur das Ausgangsklima verschiebt sich.

In den Polargebieten findet sich in geringer Meereshöhe höchstens ein Tundrenklima, dem bereits in einigen hundert Metern der Übergang zu den Schneeklimaten folgt.

VII) Die Einordnung der Klimagebiete im Rahmen der Erdteile (Karte 9—14)

Würde es auch zu weit führen, wenn man das Zusammentreten der verschiedenen Klimaarten und ihre Übergänge darstellen wollte, so seien doch einige Gesichtspunkte gegeben, die wesentlich dazu beitragen werden, selbständig sich zu unterrichten und die Verhältnisse zu verstehen.

Die dauernd feuchten Tropenklimate (Af) liegen zu beiden Seiten

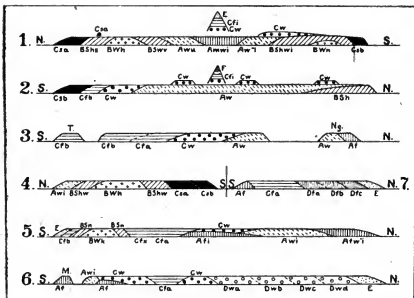


Abb. 21. Klimatische Querschnitte.

1. Westafrika vom Atlas bis Kapland. 2. Ostafrika vom Osthorn bis Kapland. 3. Ostseite Australiens von Tasmanien bis Neuguinea. 4. Westseite Australiens. 5. Ostseite von Südamerika von Parana bis Feuerland. 6. Ostseite Ostasiens von Malakka bis zum Rismeer. 7. Ostseite von Nordamerika.

des Gleichers und zwar entweder auf den Abhängen gebirger Inseln und Festlandküsten — Ostbrasilien, Guinea, Sundainseln u. a. m. — oder im Innern von Festlandbecken — Amazonien und Kongobecken. Die Meereshöhe geht wohl nicht über 1500 m hinaus; dann folgen die Höhenklimate, die bei etwa 1200 m, z. T. wohl schon in 1000 m Mh. beginnen.

Verfolgt man an den Küsten der Festländer die Entwicklung der Klimate polwärts, so kann man eine verschiedenartige Umwandlung feststellen. Abb. 20 zeigt die wagerechte und senkrechte Aufeinanderfolge der Klimate ganz schematisch, also gewissermaßen „klimatische Querschnitte“.

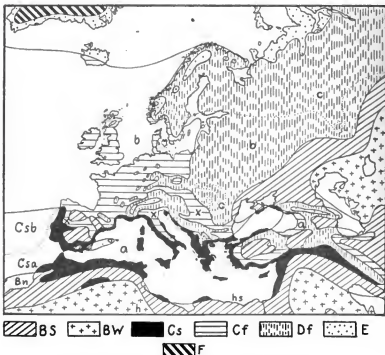
1. Die Umwandlung auf der Westseite Afrikas, Australiens und Südamerikas.

a) Das dauernd feuchte Regenwald-Klima (Af) verwandelt sich polwärts in das heiße Sommerregenklima (Aw), und dieses geht unter Temperaturabnahme in das warme Sommerregenklima (Cw) über. Unter Abnahme der Niederschläge und unter Zunahme des Gegensatzes zwischen Sommer- und Wintertemperatur verwandelt sich das warme Sommerregenklima in

das Salzsteppenklima mit Sommerregen (BShw) und dieses in das Wüstenklima (BW) mit gelegentlichen Sommerregen.

Das Wüstenklima nun geht in ein Gebiet mit gelegentlichen Winterregen über, und aus diesem entsteht ein Winterregen-Salzsteppenklima (BSks), dann ein subtropisches Winterregenklima (Csb).

In Tafelgebieten mit über 12—1500 m Meereshöhe liegt über dem heißen Sommerregenklima eine Stufe mit warmem Sommerregenklima (Cw), z. B. in Hochafrika.



Karte 9. Klimagebiete von Europa, Nordafrika und Vorderasien.

Erklärung S. 57 ff.

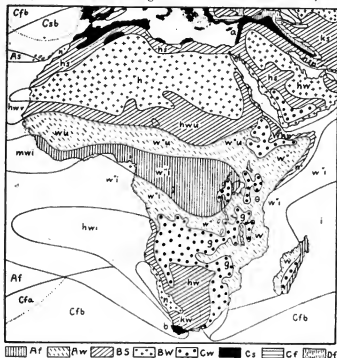
Das Verhältnis zwischen den einzelnen Klimaten ist dabei folgendes: Bei der Umwandlung steigt das regenreichere Klima hinauf, das regenärmere entwickelt sich nach unten hin. Die kühleren Klimate aber lagern sich auf die wärmeren auf. Abb. 21,1 zeigt schematisch diese Umwandlung.

Muster der Klimaentwicklung auf der Westseite Afrikas.

- a) Dauernd feuchtes Regenwaldklima.
- b) Sommerfeuchtes heißes Steppenklima.
- c) Sommerfeuchtes warmes Steppenklima (auf Höhen über 1200 m)
- d) Sommerfeuchtes Salzsteppenklima.
- e) Wüsten.
- f) Winterfeuchtes Salzsteppenklima.
- g) Subtropisches Winterregenklima.

2. Neuguinea-Ostküste Australiens.

Das dauernd feucht-heiße Regenwaldklima (Af) Neuguineas geht in das heiße Sommerregenklima (Aw) von Nord-Queensland über, und dieses verwandelt sich in Süd-Queensland in das warme Sommerregenklima (Cw). In Neusüdwaes beginnt dann ein dauernd feuchtes, sommer-



Karte 10. Klimagebiete von Afrika.

Erklärung S. 57 ff.

heißes Subtropenklimate (Cfa), und dieses verwandelt sich in Viktoria in ein dauernd feuchtes, sommerwarmes Mittelklimate (Cfb), das auf den Bergen über dem sommerheißen, dauernd feuchten Subtropenklimate bereits weiter nördlicher beginnt. Das sommerwarme Mittelklimate und das heiße, dauernd feuchte Subtropenklimate gehen nach W in das Winterregenklima (Csb) Südaustraliens über. Die Art des Übergangs zeigt Abb. 21,3.

Übergang der Klimate von Neuguinea bis Südaustralien.

- Trop. Regenwaldklima.
- Sommerfeuchtes, heißes Tropenklimate.
- Sommerfeuchtes, warmes Tropenklimate.
- Dauernd feuchtes, sommerheißes Subtropenklimate.
- Dauernd feuchtes, sommerwarmes Mittelklimate.

3. Ostküste Afrikas.

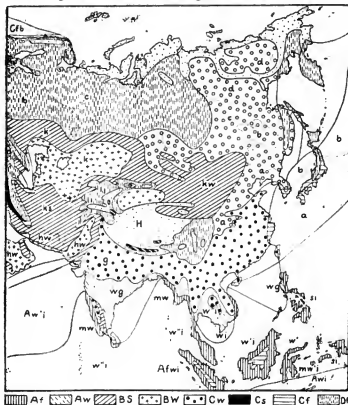
Das dauernd feuchte, heiße Regenwaldklima (Af) fehlt, am Gleicher herrscht heißes Sommerregenklima (Aw). Dieses geht nach S in warmes

Sommerregenklima (Cw) über (Natal). An der Südküste entwickelt sich daraus ein dauernd feuchtes, sommerwarmes Mittelklima (Cf) und dieses geht in subtropisches Winterregenklima (Csb) über. Abb. 21,2.

- a) Heißes Sommerregenklima.
- b) Warmes Sommerregenklima.
- c) Dauernd feuchtes Mittelklima.
- d) Subtropisches Winterregenklima.

4. Ostküste Brasiliens.

Am Gleicher herrscht ein tropisches Regenwaldklima (Af). Dieses reicht bis zum Weidekreis, erleidet aber zwischen dem 2—5° n. Br. eine Unterbrechung durch heißes Sommerregenklima (Aw). Abb. 21,5.

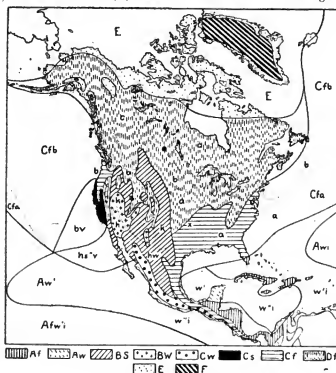


Karte 11. Klimagebiete von Asien.

Erklärung S. 57 ff.

Das Regenwaldklima ist auf das Küstengebirge beschränkt — im Innern herrscht ein N heißes (Aw) und im S warmes (Cw) Sommerregenklima — und geht nach S in dauernd feuchtes, sommerheißes Subtropenklima über. Jenseits des La Platas entwickelt sich das eigenartige Pampasklima (Cfx') und dieses verwandelt sich unter Abnahme der Nieder-

schläge und der Temperatur in ein Sommerregen-Salzsteppenklima (BS) und in ein winterkaltes Wüstenklima (BWk). An der Südspitze folgen dann Winterregen-Salzsteppenklima (BWk'), dauernd feuchtes Mittelklima (Cfb) und Tundrenklima (E). Das heiße und warme Sommerregenklima



Karte 12. Klimagebiete von Nordamerika.

Erklärung S. 57 ff.

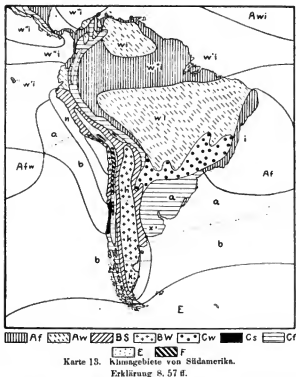
erreichen südlich des 5° n. Br. in Brasilien nicht die Küste, sondern liegen im Innern hinter dem mit Regenwald bedeckten Küstengebirge.

- a) Trop. Regenwaldklima.
- b) Heißes Sommerregenklima.
- a') Trop. Regenwaldklima.
- c) Dauernd feuchtes, sommerheißes Subtropenkl.
- d) Pampasklima.
- e) Sommerregen-Salzsteppenklima.
- f) Sommerwarmes, winterkühles Wüstenklima.
- g) Sommerkühles, winterkaltes Wüstenklima.
- h) Sommerkühles, winterkaltes Mittelklima.
- i) Tundrenklima.

5. Ostasien.

Das feuchtheiße Regenwaldklima (Af) der Sundainseln und Malakkas verwandelt sich in Siam in das heiße Sommerregenklima (Aw). In den Gebirgen Hinterindiens — mit Ausnahme des Regenwaldklimas der Ost-

küste — und im südlichen China herrscht das warme Sommerregenklima (Cw). Dieses geht in Nordchina in das sommerheiße, sommerfeuchte Mittelklima (Dwa) über, aus dem sich die Kette der sommerfeuchten, kontinentalen Mittelklima mit kalten Wintern (Dwb bis Dwd) entwickelt. Am Eismeer herrscht Eisklima (E) (Abb. 21,6).



Südlich des Jangtsekiang an der Ostküste und übergreifend auf Süd-japan liegt dann noch ein Gebiet mit dauernd feuchtem, sommerheißem Subtropenklima (Cfa).

6. Nordindien.

In Nordindien mit warmem Sommerregenklima (Cwg) entwickelt sich gegen den Himalaya und die Grenzgebirge Chinas hin eine Höhenstufe mit dauernd feuchtem, winterkaltem Mittelklima, bzw. im Tibet mit Tundrenklima der Höhenstufen (H) und selbst Eisklima (F).

In NW-Richtung aber folgt auf einen Gürtel mit Salzsteppenklima ein ausgesprochenes Wüstenklima.

7. Die subtropischen Klimate

gehen in die des Mittelgürtels unter Entwicklung von Herbst- und Frühlingsregen über. So ist es in Europa.

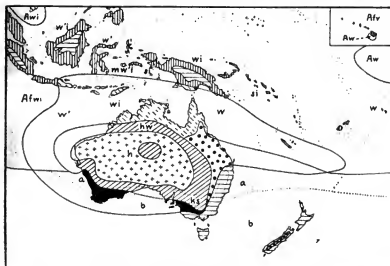
8. In Nordamerika

erfolgt auf der Ostseite des Erdteiles (Abb. 21,7) der Übergang aus dem dauernd feuchten, sommerheißen Subtropenklima unter Abnahme der

Temperatur im Sommer und namentlich unter Entwicklung großer Winterkälte. So entsteht nach N hin ein sommerheißes (Dfa), dann sommerwarmes (Dfb) und schließlich sommerkühles, kontinentales Mittelklima mit sehr kalten Wintern (Dfc).

9. Westeuropa.

Bezeichnend ist auch die Umwandlung des ozeanischen Mittelklimas (Cfb) Westeuropas in die dauernd feuchten, kontinentalen Mittelklima (Df-Klima) und schließlich in die sommerfeuchten, kontinentalen Mittel-



Karte 14. Klimagebiete von Australien.

Erklärung S. 57 ff.

klima (Dw-Klima) Ostasiens. Hinsichtlich der Umwandlung der Mittelklima unter Abnahme der Temperatur liegen die Verhältnisse sehr einfach. Die Mittelklima verlieren an Wärme und Dauer des Sommers und gewinnen an Kälte und Länge des Winters. Sie steigen polwärts von den Höhen hinab zum Meeresspiegel, während auf den Höhen sich das Tundrenklima einstellt.

Das Klima des ewigen Frostes beherrscht fast den ganzen Süderdteil und das Innere Grönlands.

Erklärung zu den Karten 9—14.

A. Tropische Klimate.

- | | | |
|-------|---|--|
| Af | = | Regenwaldklima |
| Afi | = | " mit Jahresschwankung unter 5°. |
| Afs | = | " mit verhältnismäßiger Trockenheit im Sommer. |
| Afw | = | " " " Trockenheit im Winter. |
| Afw' | = | " " " mit kleiner Trockenzeit. |
| Afw'' | = | " " " mit verhältnismäßiger Wintertrockenheit. |
| Afs' | = | " " " Sommertrockenheit. |
| Aw | = | Heiße Sommerregenklima. |

Aw*	=	Heiße Sommerregenklimäte mit 2 Regenzeiten.
Awn	=	" " mit kühlfitem Monat nach Sommerionnenwende.
Awg	=	" " mit heißestem Monat vor der Regenzeit.
Cw	=	Wagiae Sommerregenklimäte.
Cwa	=	" " wärmster Monat über 22°.
Cwg	=	" " heißester Monat vor der Regenzeit.
Cwi	=	" " jährliche Temperaturschwankung unter 5°.
Cfi	=	Tropische Bergklimäte.

B. Trockenklimäte.

BS	=	Salzsteppenklimäte
BShw	=	Heiße Sommerregen-Salzsteppenklimäte.
BShw	=	Heiße Winterregen-Salzstepp.-nklimäte.
BShw	=	Sommerheiße, winterkalte Salzsteppenklimäte mit Winterregen.
BShw'	=	Sommerwarme, winterkalte Salzsteppenklimäte mit Winterregen.
BW	=	Wüstenklimäte.
BWn	=	Feuchtkühle Wüsten mit Nebel
BWn'	=	" " ohne "
BWp	=	Feuchtheiße Wüsten.
BWp'	=	Feuchtwarme "
BWw	=	Trockenheiße Wüsten.
BWk	=	Sommerheiße, winterkalte Wüsten.
BWk'	=	Sommerwarme. " "

C. Subtropenklimäte.

Cf	=	Dauernd feuchte Subtropenklimäte.
Cfx	=	Übergangsklimäte mit Frühsommerregen.
Cfx'	=	Pampasklima.
Cs	=	Winterregenklimäte.
Csa	=	Heiße Winterregenklimäte.
Csb	=	Warme " "

D. Mittelklimäte.

Cfb	=	Ozeanische Mittelklimäte.
Dfa	=	Sommerheiße kontinentale Mittelklimäte.
Dfb	=	Sommerwarme, winterkalte kontinentale Mittelklimäte.
Dfc	=	" " sehr winterkalte kontinentale Mittelklimäte.
Dw	=	Kontinentale Sommerregen-Mittelklimäte.
Dwa	=	Sommerheiße kontinentale Sommerregen-Mittelklimäte.
Dwb	=	Sommerwarme " "
Dwc	=	" " sehr winterkalte kontinentale Sommerregen-Mittelklimäte.
Dwd	=	" " kontinentale Sommerregen-Mittelklimäte mit größter Winterkälte.

E. Schneeklimäte.

E	=	Tundrenklimäte.
EH	=	" " der alpinen Hochländer im heißen Gürtel.
F	=	Klimäte des ewigen Frostes.

Kapitel VI. Klimabeschreibung und Klima-Kraft-Karten.

Eine Anzahl von Kräften beteiligt sich an dem Zustandekommen des Klimas. Wenn man nun an die Darstellung und Erklärung des Klimas bestimmter Länder geht, wird man zweckmäßigerweise die verschiedenen Einflüsse, die auf ein Land einwirken, der Darstellung zu Grunde legen. Diese Einflüsse gehen einmal von dem Land und seiner nächsten Umgebung, sodann aber von der weiteren Umgebung aus (Karte 15).

A) Örtliche klimatische Einflüsse.

Bestimmend sind von örtlichen Einflüssen einmal die geographische Lage, sodann die Verteilung von Land und Meer und drittens die Beschaffenheit des Landes.

1. Die geographische Lage.

Von der geographischen Breite hängt der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen und die Länge der Tage ab, damit aber auch die Erwärmung in den verschiedenen Jahreszeiten. Theoretisch hat man die Temperaturen für die verschiedenen Breitengrade berechnet, und demgemäß ist es angezeigt, einmal die Breitengrade hervorzuheben, sodann aber die errechneten mittleren Temperaturen einzutragen.

Sodann ist noch eine andere klimatische Erscheinung aus der geographischen Breite erkennbar, nämlich einmal die Ausbildung bestimmter Jahreszeiten und die Angehörigkeit zu einem bestimmten Luftdruckgürtel. Die Darstellung wird zweckmäßigerweise an diese bekannten Tatsachen anknüpfen.

2. Die Beschaffenheit des Landes.

Von Einfluß auf das Klima sind folgende Erscheinungen.

a) Die Verteilung von Land und Meer hat auf die Ausbildung von Land- und Seeklima, von Niederschlägen, Luftfeuchtigkeit und örtlichem Luftdruck den größten Einfluß.

b) Die Ausdehnung des Landes ist für die Stärke der Erwärmung und Abkühlung maßgebend, also auch für den Umfang der Temperaturschwankungen und die Ausbildung eines eigenen Luftdruckwirbels.

c) Die Höhenverhältnisse bestimmen die Temperaturen ohne Reduktion auf die Meeresfläche, ferner die Beeinflussung der Niederschläge, die Entwicklung von Wolken, Schnee und Eis.

d) Die Oberflächenformen sind wegen der Erwärmung wichtig, die ja in Ebenen, auf Ketten und Massengebirgen, auf Tafelflächen, in Hochtälern und auf Gipfeln verschieden ist. Auch ist bekanntlich die Richtung der Erhebungen in ihrem Verhältnis zum Meer, zu Winden und zur Sonnenstellung wichtig.

e) Die Bewässerung muß in der Beschreibung und auf der Klimakraft-Karte zur Geltung kommen; Seen, Sümpfe und Moore von großer Ausdehnung setzen die Erwärmung herab und führen der Luft Wasserdampf zu.

f) Ferner ist die Bodenbeschaffenheit wichtig — Felsboden, Tonboden, Sandfelder. Fels und Sand erzeugt stärkeren Temperaturwechsel.

g) Die Pflanzendecke ist für die Erwärmung des Landes, für die Erzeugung von Luftfeuchtigkeit und damit die Bewölkung von großer Bedeutung. Die Temperaturschwankungen werden herabgesetzt. Die Entwicklung von Wäldern, Steppen, Heiden, Wüsten ist also anzugeben. Natürlich kommt es nur auf ausgedehnte Flächen an.

h) Die Beschaffenheit des Meeres ist schließlich von großem Einfluß, und zwar kommt es auf die Temperatur des Wassers an. Warme und kalte Meeresströmungen, kaltes Auftriebwasser, die Temperaturen des Wassers müssen angegeben werden.

B) Klimatische Einflüsse aus der weiteren Umgebung.

Das Klima eines Landes wird durch das benachbarte Gebiete oft genug beeinflusst. Namentlich die Verteilung des Luftdruckes ist von größter Bedeutung. Sie bedingt die Winde und damit die Niederschläge und oft auch die Temperaturen. In Frage kommen einmal beständige Luftdruckwirbel d. h. Dauerdruckgebiete — Antizyklen und Zyklonen — sodann aber

muß wissen, wie die Station liegt, ob auf einem Berggipfel, in einem breiten Hochtal, in einer Ebene, in einem engen, tief eingeschnittenen Tal, ob im Windschatten eines Gebirges oder auf der Luvseite u. a. m.

D) Die Verwertung des Beobachtungsmaterials.

Die Tabellen über die Beobachtungen der Temperatur, des Luftdruckes und der Winde, der Luftfeuchtigkeit, Bewölkung und des Niederschlages geben nunmehr an der Hand der Klima-Kraft-Karten die Grundlage für eine planvolle klimatische Darstellung, die sich zunächst an die Tatsachen halten sollte, um die Erklärung folgen zu lassen.

Graphische Darstellungen beständiger Winde durch Pfeile und der Temperatur und des Niederschlages durch Kurven sind sehr empfehlenswert. Auch dürfte es zweckmäßig sein, mit verschiedener Schrift auf Nebenkärtchen die Zahlen der Monatstemperaturen und Niederschläge einzutragen.

Um eine klarere Vorstellung einer Klima-Kraft-Karte zu geben, ist eine solche für Südafrika entworfen worden (Karte 15).

E) Südafrika als Beispiel einer Klima-Kraft-Karte.

Karte 15 zeigt alle diejenigen Einflüsse, die für das Klima wichtig sind. Die Breitengrade 10° — 35° s. Br. zeigen die Lage an und die errechneten Jahres-, Sommer- und Wintertemperaturen, die am linken Bildrand beige-fügt sind, gestatten eine Beurteilung der tatsächlich beobachteten Temperaturen. Der Wendekreis begrenzt den Sonnengang.

Die Größenverhältnisse entnimmt man den Angaben über den Durchmesser links oben. Die Meerestemperatur ist im O. als 20° — 25° , im Westen als 17° — 20° angegeben; der Gegensatz ist deutlich.

Die Oberflächengestaltung des Landes ist in großen Zügen erkennbar. Die Höhenverhältnisse gehen aus der Eintragung der Isohypsen hervor, die Formen des Landes aber zeigen diese und die schwarzen Linien an, die steile Gebirgszüge und Stufen andeuten.

Hinsichtlich der Pflanzendecke sind Wüsten, Steppen mit viel kahlem Boden und Steppenwald ausgeschieden. Auch das dichte Hartlaubgehölz der Südküste tritt heraus.

Das Sumpfland in der Mitte der Kalahari und die Grenzen des Sandfeldes selbst sind kenntlich gemacht. Die einflußreichen Luftdruckgebiete AT, ST und A, A sind ohne weiteres abzulesen, einmal die beiden Antizyklen über dem Meer W und O des Kaplandes, das Wechseldruckgebiet des Innern Südafrikas und das entsprechende Wechseldruckgebiet Indiens, sowie die dauernden Tiefdruckgebiete des Gleichgürtels und des südlichen Mittelgürtels.

Bei einer sich an diese Karten anschließenden Darstellung des Klimas müßte man noch die Stationen eintragen, deren Werte man benutzte.

Es müßten dann am besten wohl der Reihe nach Temperatur, Luftdruck und Winde, Luftfeuchtigkeit und Niederschläge, sowie besondere Erscheinungen folgen. Die Klimaschilderungen aber könnte man entweder als Einleitung oder als Abschluß wählen.

Kapitel VII. Klimaschilderungen.

Allein, wenn auch ein stattliches Zahlenmaterial vorliegen mag, niemals wird der Darsteller ein richtiges Bild der klimatischen Verhältnisse geben, wenn er sich nicht auf eine lebendige Schilderung der klimatischen Vorgänge stützen kann, sei es, daß er eigene Beobachtungen bringt, sei es, daß er sich an die Schilderungen anderer hält. Ebenso wenig wie selbst die ausführlichsten und genauesten Körpermessungen ein Bild von dem Aussehen eines Menschen machen und eine Beschreibung des allgemeinen Eindruckes und Aussehens nicht entbehrt werden kann, ebenso wenig kann man auf eine anschauliche Schilderung des Klimas und seines Eindruckes auf den Menschen verzichten. Ja, ich möchte glauben, daß man mit solchen Schilderungen die Darstellung des Klimas sehr wohl beginnen könnte. Sie müßten die Einleitung sein, dann käme die Aufstellung der Klima-Kraft-Karte, dann die Zusammenstellung des zahlenmäßigen Beobachtungsmaterials und schließlich der Erklärungsversuch.

Bei solem Erklärungsversuch sollte man sich nicht darauf versteifen, unbedingt die Fragen zu lösen, vielmehr, wie immer, möglichst Fragen aufwerfen, Differentialdiagnosen aufstellen und damit zu neuen Forschungen anregen.

Als Muster von Klimaschilderungen mögen zwei Darstellungen folgen, die Hann's grundlegendem Handbuch über Klimatologie entnommen sind, nämlich über den Ausbruch des SW-Monsuns an der Küste Vorderindiens von Broun und eine Schilderung des Klimas im Pandsehab aus der Feder des Missionars J. N. Merk, der 16 Jahre lang als Mitglied einer englischen Mission dort gelebt hat. Den Abschluß mag die Darstellung einer englischen Dame — Lady Barker — bilden, die in Natal (Pieter Maritzburg) eine Zeit lang lebte. Diese Beispiele werden zugleich zeigen, daß man auch als Laie wertvolle Beobachtungen und Beschreibungen veröffentlichen kann.

Ausbruch des SW-Monsuns in Südindien und auf Ceylon von J. A. Broun.
Hann, Handbuch der Klimatologie II 1. Stuttgart 1910 S. 236.

Von der Plattform des Observatoriums*) überblickt man den ganzen Süden der indischen Halbinsel, Travancore von Cochin bis Kap Comorin und die Ostküste bis zur Adamsbrücke im Golf von Manar. Nach Westen trifft der Blick ein gewelltes, waldbedecktes Land, fern am Horizont den Ozean mit seinen Wolkenketten am Morgen und den goldenen, mit dem roten Himmel zusammenfließenden Spiegel bei Sonnenuntergang. Auf der Ostseite kann man das Meer sehen zwischen Ceylon und der Coromandalküste, doch alles dazwischen ist flach, gelb und rot, einige Streifen von Grün, kleine Wasserflächen, mit Palmyrapalmen umsäumt, nehmen sich aus wie Oasen in der Wüste. Wenn das Auge ermüdet ist vom Anblick dieser glühenden Fläche, so erfrischt es sich an den waldigen Abhängen der Ghats und den grünen Hügeln und Reisfeldern von Travancore. An einem klaren Morgen hört man hier nichts als das ferne Murmeln der Wasserfälle, das gedämpfte Geschrei der Affen in den Wäldern unterhalb und das Summen der Insekten, die diesen Hochgipfel besuchen.

Es gibt keinen Ort in Indien, wo man das Ausbrechen (bursting) des Monsuns besser beobachten und studieren kann als hier. Einen Monat oder länger schon vor dem schließlichen Losbrechen des Unwetters kann

*) Das Observatorium liegt auf dem höchsten Gipfel der West-Ghats, dem Agastia Peak.

man die demselben vorausgehenden Erscheinungen zu seinen Füßen beobachten, während der Gipfel des Berges selbst selten von den Gewittern besucht wird, welche an seinen westlichen Flanken wüten.

Am Morgen sieht man eine Kette schön geformter Kumuli über den Seehorizonten von Malabar und Coromandel ruhen. Früh schon beginnen die Wasserdämpfe sich an den westlichen Abhängen zu erheben; die Wolken sammeln sich und suchen die niedrigsten Übergänge in die östlichen Täler zu passieren; es scheinen ihnen abstoßende Einflüsse zu opponieren, denn kein Lufthauch ist zu fühlen; sie erheben sich zuletzt, am Nachmittage, in mächtigen Massen, gekrönt mit Cirruswolken (einer Cirrostratusdecke), welche sich nach Osten hin über unsere Köpfe ausbreiten, gleich einem ungeheuren Sonnenschirm. Dann beginnen die Blitze in den verschiedensten Verzweigungen von Wolke zu Wolke zu zucken; der Donner rollt erst in einzelnen scharfen Schlägen, zuletzt kontinuierlich; man hört den Regen klatschend auf das Laubdach der Wälder niederfallen. Nach einer Stunde oder einigen Stunden, je nach der Entfernung des Monsuns, verlassen die Wolken die Berge, ziehen westwärts und verschwinden; die Sonne strahlt wieder über dem westlichen Meere und nimmt im Sinken phantastische Formen an; die Sterne glänzen in all ihrer Schönheit, und der Morgen bricht wieder an mit einer Wolkenkette am Horizont.

Sowie der Monsun näher kommt, suchen die Wolkenmassen mit mehr und mehr Energie die Berge nach Osten zu überschreiten; zuweilen zeigen sich zwei solcher Massen, die eine kriecht das östliche Tal herauf, während die andere den Paß von Westen her zu forcieren sucht. Nichts ist interessanter, als diesen Kampf der Nebel zu verfolgen. Tag für Tag dringen die westlichen Wolken ein wenig weiter vor; zuletzt aber kommen sie, getrieben von einer gigantischen Kraft, steigen zu den Gipfeln der Berge empor und ergießen sich über deren Wall in die östlichen Täler, gleich dem Dampf aus einem großen Kochkessel; sie stürzen zuerst niederwärts, Niagaras von Wolken, und dann, wie sie emporwallen, verschwinden sie, aufgezehrt in der heißen Luft des Ostens. Der Sturm, mit einer Sintflut von Regen, streicht über die Berge, und der Monsun herrscht über den Niederungen von Malabar.

Das Klima im Pandschab von J. N. Merk*).

Hann. Handbuch der Klimatologie II 1, Stuttgart 1910,
S. 239 bis 42.

„Wie das übrige Indien hat das Pandschab eigentlich nur drei Jahreszeiten: den Sommer oder die heiße Zeit, die Regenzeit und den Winter, den wir in Indien einfach die kalte Zeit nennen. Die heiße Zeit fängt im April an. Im März aber ist es schon so warm, daß Gerste und Weizen reifen und eingeheimst werden. Vom April bis Juni regnet es in der Regel nicht. Der Westwind herrscht vor und wird, über die erhitzten Sandflächen der Indusregion herkommend, ein wahrer Glatwind. Man kann sich in der gemäßigten Zone keine Vorstellung machen von der austrocknenden, wahrhaft sengenden Hitze dieses Windes. Wenn man sich ihm aussetzt, so glaubt man, man wende das Gesicht einem geöffneten Backofen zu. Das Thermometer steigt im Schatten bis über 50° C. Wer frische Luft genießen will, muß um diese Jahreszeit bei Morgendämmerung zwischen 4 und 5^h ins Freie gehen, denn unmittelbar nach Sonnenaufgang fängt die Hitze wieder an. Nach 7^h morgens geht ohne Nötigung kein Europäer mehr aus, nötigen ihn Geschäfte dazu, so muß er durch dicke Kopf-

*) J. N. Merk, Acht Vorträge über den Pandschab. Bern 1869.

bedeckung und Schirm sich gegen die Sonnenstrahlen schützen. Da Schläfen und Hinterkopf am empfindlichsten sind, so schützt sowohl der Eingeborene als der Europäer diese Teile durch einen Turban oder durch eigentümliche Hutformen, welche die Sonnenstrahlen abhalten, aber die Luft durchstreichen lassen.

Bei Sonnenaufgang, also bald nach 5^h, müssen die Häuser geschlossen werden und nur eine kleine Tür bleibt offen für Kommunikation mit der Außenwelt; das Haus des Europäers gleicht so mehr einem finsternen Gefängnis als einer Wohnung. Solange der Glutwind stark weht und regelmäßig anhält, können die Zimmer einigermaßen kühl erhalten werden durch „Grastüren“, die vor die Türöffnung gestellt und fortwährend mit Wasser begossen werden, oder durch die Windfächer des sog. „Thermantidot“, welche von einem Manne beständig herumgedreht und mit Wasser begossen werden. Bei Nacht setzt man große Fächer, „Panka“, in Bewegung, welche die Länge des Zimmers haben, an der Decke angebracht sind und von außen mittels eines Seiles in Bewegung versetzt werden. Wer sich diese künstlichen Kühlmittel nicht verschaffen kann, steht 5 Monate lang die tägliche Qual unerträglicher, erschlaffender Hitze aus. Menschen und Tiere schwächen und schnappen nach Luft, wenn das Thermometer im Hause Tag und Nacht zwischen 35 und 45° C steht. Allmählich verliert der Europäer Appetit und Schlaf, alle Kraft und Energie verlassen ihn. Auf die Pflanzenwelt macht sich die Hitze nicht minder fühlbar. Fast alles Grün verdorrt, das Gras scheint bis auf die Wurzel zerstört zu sein; Sträucher und Bäume scheinen abzusterben, die Erde wird hart wie auf einer Straße, der lehmige Boden springt auf, die ganze Landschaft erhält den Charakter der Öde und Melancholie. Der heiße Glutwind hört im Juni allmählich auf und man hat nun Windstille. Nun erst wird die Hitze wahrhaft fürchterlich. Grastüre, Thermantidot helfen nicht mehr. Alles sehnt sich nach der nahen Regenzeit. Man darf dieselbe nicht erwarten, nicht einmal einen einzigen Regenschauer, bevor Süd- und Ostwind eingetreten ist. Die Regenzeit dehnt sich auch nicht über das ganze Pandeschab aus, schon Lahore hat wenig Regen, Multan fast gar keinen und der Bauer im Westen des Pandschab ist ganz auf die künstliche Bewässerung seiner Felder angewiesen.

Der S- und E-Wind bringen Wolken und heftige Gewitter mit starken Regengüssen, die sich täglich oder doch jeden zweiten oder dritten Tag wiederholen, und endlich die Regenzeit, die im Himalaya anfangs Juli beginnt und Ende August oder Mitte September aufhört. Im Juli beginnen die Bäume zum zweiten Male auszuschlagen, das Gras wächst wieder und bald zeigt sich eine Vegetation, die, durch Wärme und Feuchtigkeit begünstigt, kaum zu bewältigen ist. Der Bauer arbeitet jetzt hart mit Pflügen, Säen und Jäten. Im Juni, während der größten Hitze, wird der Reis gesät, im September wird er schon geschnitten. Der Mais wird innerhalb 2 Monaten gesät und eingeheimt. Im Juli und August fällt der meiste Regen. Wer auf den südlichen Vorbergen des Himalaya über 1200 m hoch wohnt (und die Europäer lieben eine Höhe von 2100–2400 m über dem Meere), der ist oft wochenlang im Nebel und in den Wolken und sieht weder Sonne noch Landschaft.

Nachdem es 4–6 Wochen lang sehr viel, oft 2–3 Tage lang unaufhörlich geregnet hat, klärt es sich meistens wieder auf, und man hat oft einige Wochen lang keinen Regen, wofür wieder einige Wochen hindurch Regenwetter eintritt. So wohltuend die durch diese Regengüsse gebrachte Kühlung empfunden wird, so drückend schwül und heiß wird es, wenn der Regen auch nur einen halben Tag ausbleibt. Wie eine schwere warme

Decke lastet die Luft auf einem, und dazu kommt die Plage der Moskitos bei Tag und Nacht. Das Insekten- und Amphibienleben wird jetzt erst recht lebendig; abends schwirrt und summt und zirpt es überall um einen her, die Frösche suchen ins Haus zu kommen, viel bedenklicher und unheimlicher aber sind Besuche von Skorpionen und Schlangen, daher es nie ratsam ist, um diese Zeit im Dunklen herumzugehen.

Wie stark und unangenehm der Einfluß der großen Feuchtigkeit besonders gegen Ende der Regenzeit wird, kann man sich in unserem Klima kaum denken. Alles Holzwerk schwillt, und Türen und Fenster können nur mit Mühe geschlossen werden. Schuhe und überhaupt alles Lederwerk tragen dicken Schimmel, die Bücher verschimmeln, das Papier schlägt durch, die Wäsche wird in den Schränken feucht, und oft muß man bei drückender Hitze ein Feuer im Kamin haben, um nur einigermaßen den Einfluß der Feuchtigkeit zu neutralisieren.

Die unmittelbar auf den Regen folgende Zeit bis zum Oktober ist die ungesundeste, die faulende Vegetation erzeugt unter dem Einfluß der Sonne Miasmen, und die Folge davon sind Fieber, Dysenterie und nicht selten Cholera.

Gegen Ende der Regenzeit freut man sich, die schweren dunklen Wolken wegziehen zu sehen. Die Hitze wird aber bald wieder so groß, daß man sich nach der kalten Zeit sehnt, und mehr als je beobachtet man die Windfahne, ob nicht die angenehmen kühlen N- und W-Winde eintreten. Mit Anfang des Oktober werden diese Winde beständig, reinigen den Himmel, und nun erscheint wieder in all seiner Pracht das Blau des Firmaments, das in diesem Klima so ungemein herrlich ist. Die Reinheit, Pracht und ich muß sagen Majestät des Firmaments im Himalaya zeigen sich am vollkommensten nach einem Schneefall. Man kann sich dann mit dem Blick fast nicht vom Blau des Himmels trennen, wenn die Wolken sich wieder verteilt haben und man, in einem Eichen- oder Zedernwald stehend, nach dem Firmamente sieht. Dies ist auch die Zeit, den Sternenhimmel zu betrachten, und ich erinnere mich, den Schatten von Bäumen und Menschen ganz deutlich im Lichte der Venus gesehen zu haben. Von Oktober an hat man in der Regel heiteren Himmel bis Weihnachten, die Luft ist rein und ungemein lieblich und ein angenehmeres Klima kann man sich kaum denken. Nur dürfen wir nie vergessen, daß wir immer die indische Sonne über uns haben und daß man selbst während der kalten Zeit nie mit unbedecktem Haupte sich derselben aussetzen darf. Die Europäer atmen jetzt wieder auf und nun ist es eine Lust, mit guter Kopfbedeckung sich im Freien zu bewegen. Das Obst hat freilich aufgehört, dagegen erinnert den Europäer sein Garten an die Heimat, denn jetzt liefert ihm derselbe die meisten europäischen Gemüse und unsere beliebtesten Gartenblumen entfalten sich und erfreuen das Auge mit ihren bekannten Formen, daneben schimmern auch Zitronen und Orangen durch das dichte dunkle Laub, während Afghanen und Kaschmiri aus den höher gelegenen Gegenden Äpfel, Birnen, Trauben, auch getrocknete Aprikosen und Feigen, freilich zu hohen Preisen, zum Verkaufe bringen. 5—6 Monate arbeitet jetzt der Europäer wieder mit Lust und Kraft. Jetzt ist auch die Zeit des Reisens gekommen. Die Garnisonen der Stationen werden gewechselt, die Zivilbeamten ziehen in ihren Distrikten herum, um überall selbst nachzusehen, der Missionar benützt die Zeit, von Ort zu Ort zu ziehen und das Evangelium zu verkünden.

Im Dezember und Januar ist ein Feuer oft den ganzen Tag im Kamin, morgens und abends aber besonders angenehm. Die Nächte sind empfindlich kalt, in der Ebene hat man gelegentlich Eis und Reif, und das Thermo-

meter kann in der Nähe des Bodens bis auf — 5° C sinken. Im Pandschab haben wir während der zweiten Hälfte der kalten Zeit ziemlich viel Regen, ohne denselben fällt die Gersten- und Weizenernte sehr spärlich aus. Auch die Hülsenfrüchte bedürfen des Winterregens. Im Februar haben wir einen kurzen Frühling. Viele Bäume schlagen aus und jeder Strauch liefert seinen Beitrag zum Blumenschmuck der Landschaft. Dieser Frühling ist aber von kurzer Dauer, und schon im März wird es in der Ebene wieder heiß und der heiße Sommer ist vor der Tür. Ein Sandsturm jedoch hält den Sommer hie und da noch eine Woche auf. Der Sandsturm ist an und für sich sehr unangenehm, und die Luft ist so mit Sand gefüllt, daß eine ägyptische Finsternis seine unmittelbare Folge ist, zu welcher Stunde des Tages er anfangen mag. Der Tisch ist vielleicht gedeckt und der Koch ist im Begriff, das Mittagessen zu bringen; in wenigen Minuten aber ist es so finster, daß man die Hand vor dem Gesichte nicht sieht, und alles muß eingestellt werden, bis der Sturm ausgetobt hat. Am übelsten daran sind diejenigen, welche sich gerade im Freien befinden; sie müssen bleiben, wo sie sind, und müssen sich vor dem Sande schützen, so gut sie eben können. Ein solcher Sturm dehnt sich über große Strecken aus, und von der dichten Finsternis, die er verursacht, kann man sich eine Vorstellung machen, wenn ich sage, daß wir in den Bergen mittags die Lampe anzünden müssen, wenn ein Sandsturm in einer Entfernung von 20—30 Stunden sein Unwesen treibt und, ohne selbst bis zu uns vordringen zu können, dichte Staubwolken heraufjagt. Auf der Ebene selbst dringt der feine Staub, den der Sturm in großen Quantitäten mit sich führt, überall ein nicht nur in gut geschlossene Zimmer, sondern auch in Koffer und Schränke. Nach einem solchen Sandsturm muß das Haus von oben bis unten gefegt werden, und noch mehr beeilt man sich, durch ein Bad sich von dem lästigen Staub zu reinigen. Hie und da ist der Sandsturm von Regen begleitet, er ist dann um so geschätzter, aber auch ohne Regen ist er willkommen, denn er kühlt die Luft auf einige Tage, vielleicht eine Woche ab, und in Indien, besonders im Pandschab, ist alles willkommen, was die glühend heiße Luft abkühlt und dem Europäer eine erträgliche Existenz gewährt.“

Afrikanisches Wetter und afrikanische Scenerie.

Lady Barker, Ein Jahr aus dem Leben einer Hausfrau in
Süd-Afrika, Wien 1878. S. 138 bis 142.

Maritzburg, 5. März 1876.

Ich kann wirklich nicht behaupten, daß ich ein Klima schön fände, in welchem jeden Nachmittag ein Gewitter losbricht. Einer der Nachteile, die mit diesen fortwährenden elektrischen Entladungen zusammenhängen, ist der, daß ich beinahe keinen Spaziergang, keine Spazierfahrt machen kann. Der Tag ist gewöhnlich glühend; weht wirklich ein Luftzug, so ist er heiß und vermehrt die drückende Beschaffenheit der Atmosphäre anstatt sie zu erfrischen. Gegen Mittag beginnen mächtige Wolkenmassen hinter den südwestlichen Hügelrücken heraufzusteigen; nach und nach verbreiten sie sich rings um den Horizont, indem sie ihre grauen, weichen Falten nach jeder Richtung der Windrose hin ausbreiten, bis sie den blendenden, blauen Himmel umspannen und bedecken und einen kühlen, trüben Schleier zwischen der strahlenden Sonne und der verbrannten Erde bilden. Das ist der Moment, wo ich in nervöse Aufregung gerate. F. behauptet, ich benähme mich dann wie eine Henne mit ihren Küchlein, und ich gestehe zu, daß ich gerne umherginge und glückste, um jedes und jeden unter Dach und in Sicherheit zu bringen. Wenn G. allein auf seinem Ponny draußen ist, wie es gewöhnlich der Fall zu sein pflegt, denn er kommt in den ersten

Nachmittagsstunden aus der Schule nach Hause, so denke ich an die weite, ganz ungeschützte, grasbewachsene Strecke, die er zurückzulegen hat, an die halsbreeherischen Wege und die trügerischen, sumpfigen Stellen — was Wunder, daß ich nicht im Hause zu bleiben vermag, sondern alle fünf Minuten barhäuptig nach der äußersten Kante des Hügels laufe, um zu sehen, ob nicht die kleine Gestalt mit dem weißen hinter ihr herflatternden Schleier¹⁾ über die Ebene daher kommt. Freilich kann man dem Ponny zutrauen, daß es keine Zeit verlieren wird: denn Pferde, Kühe, Vögel und andere Tiere wissen, was diese schnell dunkler werdenden Schatten bedeuten, und welche Gefahren jene tintenschwarzen Wolken in sich bergen, aus denen sich von Zeit zu Zeit ein dumpfes Grollen vernehmen läßt. Selbst wenn nur ein Bote draußen ist, habe ich die unbehaglichste Empfindung, denn der kleine Fluß, der brausende Umsindusi überschreitet im Handumdrehen seine Ufer und verwandelt die Niederung in einen See.

Solche Ueberschwemmungen dauern vielleicht nur einige Stunden oder selbst nur Minuten; aber fünf Minuten sind hinreichend, großes Unheil anzurichten, wenn das Wasser zwei Fuß in der Minute steigt, Unheil, das nicht nur das menschliche Leben, sondern ebenso Brücken, Straßen, Kanäle wie Anpflanzungen und Felder bedroht. Und doch ist eine solche tropische Sündflut, in welcher die Wolken ihren nassen Inhalt, statt in der zivilisierten Form von Tropfen, wie Wasserfälle niederschütten, noch eine Beruhigung für meine Seele, denn jene düstern, schwer und tief niederhängenden Schleier bergen schlimmere Möglichkeiten als eine nasse Jacke. Wir hatten gestern ein Hagelwetter, das auf unser Ziegeldach niederschlug, als ob man dasselbe plötzlich mit Mitrallien beschösse, und auch eine annähernde Wirkung hervorbrachte, denn mehrere Ziegel fielen zerschlagen herunter und ließen in der Traufenreihe melancholische Lücken wie von ausgebrochenen Zähnen zurück. Zuweilen schlägt der Blitz in große Bäume, die in einem Moment kahl, blätterlos und dürr dastehen, als wären plötzlich Jahrhunderte über ihre grünen, wehenden Wipfel dahingegangen, und die Donnerschläge, welche den niederzuckenden Blitzen unmittelbar folgen, scheinen die Erde in ihren Grundvesten zu erschüttern. Das alles sind meteorologische Möglichkeiten, ja Wahrscheinlichkeiten, die fast ohne Übergang auf einen heißen stillen Morgen folgen können. Ist es demnach zu verwundern, wenn ich mich ängstige, bis alle, die zu mir gehören, unter dem Dache sind, daß ihnen freilich nur gegen den strömenden Regen und tobenden Sturm Schutz gewährt.

Daß Vieh und Bäume vom Blitze getroffen werden, ist im Sommer etwas ganz Gewöhnliches, und selbst ein Hagelwetter, wenn es nicht geradezu die Stadt verwüstet und die Häuser der Dächer beraubt, so daß sie für Wind und Regen offen stehen, wird für nichts gerechnet. Der Hagelschauer von gestern zerschlug meine Schlingpflanzen und versetzte sie binnen fünf Minuten in einen bejammernswerten Zustand. Sobald man sich aus dem Hause wagen konnte, eilte ich, die Verwüstung unter den Blättern und Knospen in Augenschein zu nehmen, welche den Zementboden der Veranda bedeckten. Der Anblick, der sich mir bot, ist schwer zu beschreiben und noch schwerer ist, daran zu glauben. Auf der Wetterseite des Hauses war alles Laub heruntergeschlagen, und nicht nur heruntergeschlagen, sondern über und über durchlöchert, als ob es mit Schrotkugeln durchschossen wäre. Meine jungen Rosen, die mit solcher Schnelligkeit das Dach der Veranda erklettert hatten, waren zerknickt und ihrer zarten

¹⁾ Der männliche Teil der Bevölkerung trägt in Afrika zum Schutz des Nackens ein auf die Schulter fallendes Schleiertuch.

Triebe und jungen Knospen beraubt. Das üppige Laubwerk der Jelängerjeller lag in nassen, grünen Haufen um die Säulen, und an den Weinstöcken war nicht mehr ein einziges Blatt zu sehen.

Aber das Hagelwetter hatte in seinem Gefolge einen noch anderen und ernstern Übelstand, welcher das bisherige Gefühl der Sicherheit vor Wind und Regen für immer in meiner Seele zerstörte. Die großen Hagelkörner waren durch den Sturm in ungeheuren Massen unter die Dachziegel und auf die weiß angestrichenen Bretter getrieben worden, welche die Zimmerdecken bilden. Diese Bretter haben weite Spalten und so war es nur natürlich, daß, sobald die im Hause herrschende Hitze die Hagelkörner zum Schmelzen brachte, was in fünf Minuten geschah, das Wasser wie durch ein Sieb herunter in die Zimmer tropfte. Man konnte dem nicht etwa wie einem gewöhnlichen Leck begegnen — nein, es lief da, dort, überall, auf die Sophas und Stühle, auf die Betten und Schreibtische, so daß wir in dem Augenblicke, da die Sonne wieder herauskam und hell und heiß schien wie zuvor, buchstäblich das ganze Meublement vor das Haus tragen mußten, um es zu trocknen. Trocknen bedeutet aber hier, unter dieser glühenden Sonne, für die Schreibtische und alles andere Holzwerk krumm laufen, springen und sich werfen, und für die Überzüge verblassen und verschießen. Das sind so einige der kleinen Leiden des menschlichen Lebens in Südafrika — Leiden, die man indessen mit Ruhe ertragen und belachen muß, sobald sie vorüber sind -- was ich denn auch, trotz meiner Neigung zum Murren, tue.

Teil II. Das Meer in der Landschaft.

Allgemeine Gesichtspunkte.

Während man zu jeder Zeit und an jedem Ort Beobachtungen über das Klima anstellen kann, sind meereskundliche Studien einmal auf Küsten oder Schiffsreisen beschränkt. Sodann aber hat der gewöhnliche Reisende, der ja mit verschwindenden Ausnahmen einen Dampfer benutzt, auf einer Seereise nur in beschränktem Maße oder garnicht Gelegenheit, eigene Untersuchungen anzustellen. Auch werden ihm gewöhnlich die nicht ganz billigen Apparate und Hilfsmittel fehlen. Immerhin kann er zu eigener Belehrung eine Reihe von Beobachtungen anstellen und lediglich auf solche, soweit sie für die Landschaftskunde von Bedeutung sind, sei im nachfolgenden hingewiesen.

1. Formbeschreibende Namengebung.

Ozeane nennt man die großen, zusammenhängenden Meere, die durch Erdteile unvollkommen getrennt sind. Man unterscheidet entweder 5 Ozeane, den Atlantischen, Indischen, Pazifischen Ozean nebst dem nördlichen und südlichen Eismeer, oder man teilt letzteres unter die drei ersten Ozeane auf und schlägt das nördliche Eismeer zum Atlantischen Ozean.

Nebenmeere oder Ingressionsmeere. Teile der großen Ozeane dringen häufig in die Landmassen ein, und solche Teile heißen Neben- oder Ingressionsmeere. Sie hängen oft mit breiter Grundlinie mit dem Ozean zusammen (oder sie sind durch Inselketten abgetrennt oder besitzen auch nur einen schmalen Zugang. Eine bestimmte einheitliche Benennung für die einzelnen Abarten fehlt, indes hat man folgende, etwas schwankende und willkürliche Bezeichnungen für einzelne Formen:

Randmeere: Rotes Meer, Gelbes Meer, Beringsmeer, Chinesisches Meer.

Meerbusen oder Golf: Persischer Golf, Golf von Aden, von Mexiko, Meerbusen von Biskaya.

Bai: Hudsonbai, Baffinsbai.

Mittelmeere: Diesen Begriff kann man etwas bestimmter fassen, nämlich als den eines tief in einen Erdteil eindringenden Meeres. Das Mittelländische Meer, das Westindische Mittelmeer sind richtige Mittelmeere.

Inselmeere sind mit Inseln erfüllte, abgeschlossene Meere, die z. Th. gleichzeitig Mittelmeere sind, z. B. Sundameer, Aegäisches Meer u. a. m.

Durchgangsmeere sind Nebenmeere mit Verbindungsstraßen zu Ozeanen an ihren Enden. Das Mittelländische Meer ist künstlich zum Durchgangsmeer gemacht worden. Natürliche Durchgangsmeere sind z. B.

die Nordsee, Andamanensee, das Marmarameer, die Chinesischen Meere, das Japanische Meer, das Beringsmeer u. a. m.

Nebenmeere verschiedener Ordnung. Wenn ein Nebenmeer seinerseits Ingressionsmeere besitzt, und diese ebenfalls, so erhält man Nebenmeere verschiedener Ordnung. Folgende Reihe sei als Beispiel angeführt.

Ozeane:

Atlant. Ozean.

Nebenmeere 1. Ordng.:

2. Ordng.:

3. Ordng.:

4. Ordng.:

Mitteländ. Meer.

Marmara M.

Schwarzes M.

Asowsches M.

Binnenmeere und Binnenseen liegen im Innern von Kontinenten, z. B. Kaspisches Meer, Aralsee, die großen ostafrikanischen Seen u. a. m.

2. Meerestiefen und Meeresboden.

Im Gegensatz zu der Oberfläche der Erde, auf der durch die Ausfurehung Unebenheiten geschaffen werden, ist der Meeresboden ein Gebiet der Aufschüttung, und sanfte Böschungen von 0,5—2° überwiegen durchaus. Immerhin kommen nicht nur bedeutende Höhenunterschiede vor — größer als auf dem Lande — sondern auch sehr steile Böschungswinkel, z. B. an Steilküsten und namentlich an Koralleninseln, nämlich 30°—50°. An der Küste liegt allerdings meist ein Gürtel mit flacher Böschung bis 200 m Tiefe — die Hundert-Faden-Linie —, die eine verschiedene Breite besitzt. Ist die Randstufe breit, so entsteht eine Flachsee, ist sie schmal, so nennt man diesen Gürtel Schelf. An Steilküsten kann sie praktisch fehlen. Jenseits der Hundert-Faden-Linie sinkt der Boden rascher zur Tiefsee ab.

Auf dem Meeresboden unterscheidet man folgende Oberflächenformen: Schwellen sind langsam ansteigende, breite Erhebungen, Rücken solche mit besonderer Längserstreckung. Bänke sind breite Erhebungen, die bis in die Nähe der Oberfläche ansteigen, z. B. die Doggerbank der Nordsee, die Neufundlandbank. Unterseeische Tafeln sind durch steilere Böschungen ausgezeichnet.

Bei den Hohlformen unterscheidet man rundliche große Becken und langgestreckte Mulden. Sind diese Formen kleiner und steiler, so spricht man von Kesseln bzw. Rinnen. Die tiefsten und wohl stets an den Rändern bestehender oder versunkener Festländer gelegenen, verhältnismäßig schmalen Einsenkungen, die 8—10 000 m Tiefe erreichen, heißen Gräben. Sie sind wohl die auffallendsten Gebilde des Meeresbodens. Allein man darf sich unter ihnen nicht Gräben mit steilen Wänden vorstellen, vielmehr sind die Böschungen verhältnismäßig flach, nämlich etwa 7°.

Neben diesen großen Formen kommen auch kleinere mit oft steilen Böschungen vor. Diese heißen Berge und sind wohl meist vulkanischen oder korallinen Ursprungs. Im Gebiet der Vulkangruppe von Madeira sind sie z. B. zahlreich. Umgekehrt gibt es kleine, tiefe Löcher, die anscheinend ziemlich steile Böschungen haben, z. B. die Romanehe Tiefe im Atlantischen Ozean. Meist sind es aber ganz örtliche Gebilde in der Nähe von Küsten.

Die Sinkstoffe des Meeres zerfallen in zwei Hauptgruppen, nämlich in die landnahen Ablagerungen und in die Hochseesinkstoffe. Die landnahen Sinkstoffe stammen z. T. von den Erdteilen, z. T. von Meerestieren und Pflanzen, die auf dem Meeresboden wachsen. Je näher dem Lande, um so gröber pflegen die Bestandteile zu sein, so daß gewöhnlich Konglomerate, Sande, Tone und feiner Schlick aufeinander folgen. Letzterer hat meist eine grünliche bis bläuliche, zuweilen aber auch rötliche Farbe. Dazu kommen Muschelbänke, Schwamm- und Kalkalgen-Ablagerungen.

Wo Flüsse fehlen, z. B. in Teilen der heißen, trockenen Subtropen und Tropen (Sahara, Ostküste von Afrika), können sich organische Kalk- und Riffbildungen bis an das Ufer heranschieben und die Küsten eng umsäumen. Das tun z. B. die Korallensaumriffe.

Während die landnahen Ablagerungen meist in der Flachsee auftreten, sind die landfernen für die Tiefsee bezeichnend. Diese bestehen vorwiegend aus den winzigen Schalen von Hochseetieren, die im Meere herumtreiben, und deren Körper untersinken. Dazu kommt Weltall-, Vulkan- und Land-Staub, sowie Material unterseeischer, vulkanischer Ausbrüche. Da nun das Meerwasser unter hohem Druck Kalk schnell auflöst, verschwinden in den tiefsten Meeren die Kalkschalen, und nur die Kieselsäureschalen bleiben zurück. Ferner werden die Mineralien des Staubes (Silikate u. a.) zu tonigen Massen zersetzt. So kommt es, daß folgende Sedimente auftreten.

	Kalkschalen	Kieselschalen	Anorgan. Bestandteile	Tiefe
Pteropodenschlamm ¹⁾ ..	79 %	3 %	18 %	700—2800
Globigerinenschlamm...	64 %	2 %	34 %	700—5400
Diatomeenschlamm	23 %	41 %	36 %	1100—3600
Radiolarienschlamm....	4 %	54 %	42 %	4300—8200
Roter Tiefseeton	7 %	2 %	91 %	4100—7200

Weitaus die größte Verbreitung besitzen Globigerinenschlamm und roter Tiefseeton, nämlich 128,3 bzw. 133,4 Millionen qkm. Auch der Diatomeenschlamm mit 28,4 Millionen qkm bedeckt im südlichen Eismeer große Gebiete. Schließlich sei erwähnt, daß auch die landnahen Ablagerungen weit in die Tiefsee vordringen und sich mit Sinkstoffen der Hochsee mischen. Denn der blaue, grüne und rote Schlick des Festlandgürtels kann bis 5100 m herabgehen und bedeckt über 40 Millionen qkm des Meeresbodens.

3. Das Meerwasser.

Salzgehalt. Die auffallendste Eigenschaft des Meerwassers ist sein Salzgehalt. In dem offenen Ozean ist dieser bemerkenswert gleichmäßig, nämlich 3,5 ‰ oder 35 ‰ (pro Mille). Weitaus die Hauptmenge ist Kochsalz, Chlornatrium = 77,8 ‰, dann folgen Chlormagnesium und Chlorkalium, zusammen etwa 11 ‰, Bittersalz (4,7 ‰), Gyps (3,6 ‰), Kaliumsulfat (2,5 ‰) und sehr wenig kohlen saure Salze (0,34 ‰) — im Gegensatz zum Flußwasser, wo Kalkkarbonat die Hauptrolle spielt. Brom und Jod sind in geringen Mengen stets vorhanden und bezeichnend. Abweichungen im Salzgehalt werden durch starke Verdunstung oder durch Beimengung von Süßwasser hervorgerufen. Demgemäß sind die Meere der heißen, trockenen Subtropen — namentlich die abgeschlossenen — salzreich. Das Rote Meer hat über 40 ‰. Wo dagegen Süßwasser durch Flüsse oder Schmelzwasser des Eises in Massen zugeführt werden, nimmt der Salzgehalt ab. Das ist in abgeschlossenen Becken am stärksten der Fall, so z. B. in der Ostsee, im Schwarzen Meer, im nördlichen Eismeer an der sibirischen Küste und im Bereich der Schmelzwasser der polaren Eismassen. So erkennt man z. B. die polaren Strömungen an dem geringen Salzgehalt im Gegensatz zum salzreichen Golfstromwasser. Der Salzgehalt ist für die Tierwelt des Meeres von großer Bedeutung, da diese sich meist an einen bestimmten Salzgehalt angepaßt hat.

Spezifisches Gewicht. Salzwasser ist spezifisch schwerer als Süß-

¹⁾ Pteropoden sind kleine pelagische Mollusken, Globigerinen sind Foraminiferen mit Kalkschalen, Radiolarien solche mit Kieselschalen, Diatomeen sind niedrige Pflanzensellen mit Kieselschalen.

wasser, letzteres schwimmt also auf ersterem, selbst dann, wenn es kälter ist. Das ist auffallend, da ja kaltes Wasser an sich schwerer ist als warmes. So kommt es, daß kaltes Polarwasser auf warmem Salzwasser schwimmt, und daß die polaren Meeresströme sich also über die aus niederen Breiten kommenden warmen schieben.

Gasgehalt. Kaltes Wasser vermag in viel höherem Grade als warmes Gase zu absorbieren, und daher enthalterteres mehr „Luft“ als letzteres. So hat 1 l Wasser von 0° 8,18 cbcm Sauerstoff, solches von 25° aber nur 4,87 cbcm. Bemerkenswert ist nun aber, daß der Sauerstoff, der ja allein von der Tierwelt verbraucht wird, in höherem Maße als Stickstoff aus der Luft aufgenommen wird. Da aber kaltes Wasser reicher an Sauerstoff ist als warmes, so ist ersteres von Tieren dichter bewohnt als letzteres. Daher der Reichtum der Polarländer und der kalten Meeresströmungen an Plankton Fischen und Seevögeln. Neben dem Sauerstoff ist Kohlensäure in Mengen vorhanden, aber nicht frei, sondern an saure Salze losc gebunden.

Farbe. Auf dem hohen Meere ist die Farbe des Meeres tief kobaltblau. Sobald man sich aber dem Lande nähert, wird sie grünlich und schließlich grünlich gelb und schmutzig gelbgrau. Die Ursache für diese Verschiedenheit ist der Gehalt an Fremdkörpern. Das Licht dringt nämlich in das Meerwasser ein, wird aber durch Fremdkörper, z. B. Plankton oder Schlammteilchen zurückgeworfen. Je mehr Fremdkörper also im Wasser flottieren, um so weniger tief dringen die Strahlen ein. Nun absorbiert aber das Meerwasser am stärksten die langwelligen Lichtstrahlen, rot, gelb, grün, am wenigsten die kurzwelligen, blauen und violetten. Daher ist das aus geringer Meerestiefe zurückgeworfene Licht hauptsächlich eine Mischfarbe aus grün nebst gelb und blau, das aus großen Tiefen kommende aber blau. Je reiner also das Meerwasser ist, um so blauer ist es. „Blau ist die Wüstenfarbe des Meeres.“ Sobald aber Plankton, d. h. Millionen mikroskopischer Hochseetierchen — im Meere auftreten, wird die Farbe auch auf hoher See grünlich, gelblich, schmutzig. Senden diese Tiere aber phosphoreszierendes Licht aus, so entsteht das bekannte „Meerleuchten“.

4. Bewegungserscheinungen im Meere.

Verschiedene Kräfte wirken auf die Oberfläche des Meeres ein, nämlich die Winde, die Anziehung der Gestirne, die Anziehung der Landmassen, die Fliehkraft der Erde und schließlich der verschiedene Salzgehalt des Meerwassers. Die Äußerungen dieser verschiedenen Kräfte sind folgende.

a) Dauernde Umformung der Oberfläche.

Die Erdumdrehung bewirkt bekanntlich, weil die Fliehkraft an den Polen Null, am Äquator aber am stärksten ist, die Abplattung der Pole und die Aufwölbung des Gleichergürtels. Der Unterschied beträgt etwa 21 km im Halbmesser. Das Meer muß in noch höherem Maße durch diese Kraft beeinflußt werden. Andererseits bewirkt die Anziehung der Erdteile einen Hochstand des Meeres an den Küsten, einen Tiefstand in der Mitte. Über den Betrag dieses Unterschiedes machte man sich früher recht übertriebene Vorstellungen, indem man annahm, daß St. Helena z. B. etwa 800 m tiefer als der Meeresspiegel an den Küsten Afrikas und Brasiliens läge. Allein da die Dichte der Erdkruste im Bereich der Ozeane, wie man aus Pendelschwingungen und Lotabweichungen erschen kann, erheblich größer ist, als die der Soekel der Erdteile, so ist die Abweichung nicht so erheblich, nämlich höchstens 150 m.

Eine Erniedrigung des Meeresspiegels über großen Meerestiefen muß auch durch die Zusammendrückbarkeit des Wassers infolge der auflagernden Wassermassen erfolgen; man schätzt sie auf etwa 35 m.

b) Vorübergehende, örtliche Störungen.

Andere Störungen der Meeresoberfläche werden durch den Wind hervorgerufen und zwar in abgeschlossenen Nebenmeeren infolge heftiger Stürme, die anhaltend aus einer bestimmten Richtung wehen. Dann wird das Wasser in der Richtung des Windes fortgeblasen, erniedrigt sich auf der einen und erhöht sich auf der anderen Seite. In der Ostsee und im Schwarzen Meer ist diese Erscheinung des Windstaus oft zu beobachten. Dieselben Nebenmeere zeigen auch die Erscheinung, daß infolge des Anschwellens der Flüsse ihr eigenes allgemeine Niveau steigt. Diese beiden letzteren Verschiebungen der Oberfläche sind natürlich vorübergehender Natur, im Gegensatz zu den vorigen.

c) Langsam eintretende allgemeine Störungen.

Die langsamen Hebungen und Senkungen der Erdteile und einzelner Teile der Erdkruste müssen allgemeine Niveauveränderungen zur Folge haben. Wenn die Störung auch örtlich eintritt, muß die Wirkung doch eine allgemeine werden. Die Veränderungen sind natürlich an den Küsten am auffallendsten; sie werden im dritten Band besprochen werden.

d) Die Wellenbewegungen.

Läßt man einen kleinen Stein in das ruhige Wasser einer Schüssel fallen, so entstehen konzentrische Wellenringe mit gerundetem Kamm. Wellen entstehen auch, wenn man in die Schüssel bläst und zwar Wellen von etwas anderer Form, nämlich mit scharfem Kamm. Die gleichen Wellenarten kommen auch in der Natur vor. Allein bevor wir sie besprechen, wird eine kurze Bemerkung über das Wesen der Wellenbewegung am Platz sein.

Das Wesen der Wellenbewegung.

Beim Fließen bewegen sich die Wasserteilchen in der Richtung des Gefälles, aber sie kehren zum Ursprungsort nicht zurück. Bei der Wellenbewegung dagegen bewegt sich ein Teilchen in einem Kreise oder in einer

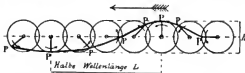


Abb. 22. Bewegung der Wasserteilchen in einer Welle.

Die Kreise zeigen die Bewegung einzelner Teilchen an. L == Wellenlänge, H == Wellenhöhe, P das Teilchen, o der Mittelpunkt des Kreises. Die Pfeile zeigen die Bewegungsrichtung an.

Ellipse und kehrt — theoretisch wenigstens — an den Ausgangspunkt zurück (Abb. 22). Wird diese Bewegung wiederholt ausgeführt, so entstehen mehrere Wellen hintereinander. Man unterscheidet bei einer Welle Wellenberg und Wellental. Die Wellenhöhe ist der Unterschied zwischen Berg und Tal, und Wellenlänge der Abstand zweier Wellenkämme oder -täler. Die Zeit, die zwischen dem Passieren zweier aufeinander folgender Wellenberge (bzw. Wellentäler) durch den Beobachtungspunkt verstreicht, ist die Amplitude der Welle.

Wenn die Wellenlänge im Verhältnis zur Wellenhöhe sehr groß ist, so entsteht eine Bewegung des Wassers, die mit dem Fließen leicht verwechselt werden kann. Allein einmal erfolgt stets eine rückläufige Bewegung, die

sich rhythmisch in bestimmten Zeitebschnitten wiederholt, und ferner tritt die auffallende Erscheinung ein, daß Steigen und Fallen des Wassers nicht mit dem Wenden — Kentern — des Stromes zusammenfällt, sondern gerade in



Abb. 23. Richtung der Strömungen in einer Gezeitenwelle. Kentern des Stromes zwischen Hoch- und Mittelwasser. Die Pfeile zeigen die Stromrichtung an.

der Mitte zwischen zwei Kenterungen liegt. Aus der Abb. 23 kann man die Ursache leicht erkennen. Sie ist in der Richtung der Wasserteichen bei der Wellenbewegung begründet.

Wellenformen.

Folgende Formen der Wellenbewegungen kommen vor. (Abb. 24.)

Windwellen. Der Wind erregt auf der Oberfläche des Meeres Wellen, die in der Richtung des Windes wandern und deren Höhe, Länge und Amplitude einmal von der Stärke, sodann von der Dauer des Windes abhängen.



Abb. 24. Wellenformen (nach Scott).

1) Windwellen. 2) Dünungswellen.

Diese unmittelbar vom Wind erregten Windwellen heißen „erzwungene Wellen“ und haben eine bestimmte Form, nämlich einen scharfen Wellenkamm. Die Schärfe desselben hängt von der Windstärke ab. Er verschärft sich bei wechselndem Wind, und wenn der Wind eine gewisse Stärke erreicht, bläst er den Wellenkamm um, so daß er überkippt. So entstehen Schaumwellen, die man auch „Schäffchen“ oder Sturzwellen nennt. Das Umstürzen erfolgt gewöhnlich bei Windstärke 7. Dem Rücken der großen Windwellen sind zahllose kleine Windwellchen aufgesetzt, so daß das Bild ein sehr unruhiges, bewegtes wird und die Hauptwellen unter Umständen verdeckt werden können (Abb. 25).

Die Windwellen erreichen eine Höhe von höchstens 15 m. Schon 10 m hohe Wellen sind selten und bei gewöhnlichem Sturm (Windstärke 8—9) sind sie 7—8 m hoch. Die Geschwindigkeit ist dann 14—15 m pro Sekunde. Bei schwächerem Wind von Stärke 5 aber ist die Geschwindigkeit 7—10 m per Sek. Die Wellenlänge, d. h. der Abstand der Kämme, wächst gewaltig mit der Windstärke. Bei Windstärke 5 ist sie 30—40 m, bei Windstärke 8—9 aber 130—250 m.

Dünungswellen. Wenn ein Sturm aufhört, pflanzen sich die erregten Wellen fort, aber sie platten sich ab, die kleinen sekundären Wellen

verschwinden, die Kämme der Hauptwellen werden flacher und runden sich gleichzeitig. Es entstehen Wellen, die denen gleichen, die ein Stein beim Fallen auf dem Spiegeleines glatten Teiches erregt. Solche Wellen heißen Dünungswellen oder freie Wellen. Sie können bei Windstille und spiegelglatter See auftreten. Denn durch einen Sturm erregt, laufen sie über ganze Ozeane hinweg. So erzeugt z. B. die durch die Stürme des Südatlantischen Ozeans entstandene Dünung an der westafrikanischen Küste die furchtbare, „Kalema“ genannte Brandung.

Brandungswellen. Die Wellenbewegung reicht bis etwa 200 m Tiefe hinab, so daß dort ein Hin- und Herbewegen des Wassers stattfindet und



Abb. 25. Wellengewoge. Querschnitte durch zusammengesetzte Wellen (nach Schott).

Wellenfurchen auf Sand entstehen. Wenn sich nun Wellen dem Strande im Bereich der Flachsee nähern, so erfährt die Wellenbewegung in der Tiefe eine Verlangsamung durch Reibung, an der Oberfläche aber erfolgt ein Aufstau, ein Anschwellen der Welle, und schließlich schlägt die Woge als Brecher um.

Aus den Brechern entstehen die langen Brandungswellen, — Roller —, von denen, je nach der Windstärke und nach der Breite der Flachsee, oft mehrere hintereinander mit Schaumkämmen gegen das Land anlaufen. Dünungswellen tun dasselbe auch bei klarstem Wetter ohne Wind.

Die beschriebene Form der Brandung heißt Strandbrandung. Sind aber an einer felsigen Küste Untiefen, Riffe, Klippen und Inselchen vorgelagert, die aus tieferem Meer aufragen, so entsteht bereits im Meer um jene eine örtliche Brandung, die Klippenbrandung. Liegen Klippen und Untiefen nahe der Küste, so entsteht ein fürchterliches Chaos von Schaum, Strudeln und Wellen, indem sich die zurückgeworfenen Gewässer gegen einander und gegen neu anrollende Wellen stoßen und drängen.

Seebebenwellen. Infolge unterseeischer Erdbeben und wohl auch Vulkanausbrüche entstehen Wellen, die sich mit großer Geschwindigkeit über die Ozeane bewegen und an den Küsten oft furchtbare Verheerungen anrichten.¹ Es sind riesenhafte Wellen von 400—900 km Wellenlänge, von 180—200 m Geschwindigkeit pro Sekunde, aber von der Höhe gewöhnlicher Windwellen, d. h. von 4—10 m Höhe. Namentlich in der Südsee haben sie zuweilen verheerend gewirkt, so z. B. an der chilenisch-peruanischen Küste.

Die Gezeitenwellen. An den Küsten der großen Ozeane, in geringerem Grade aber auch in Binnen- und Nebenmeeren, steigt und fällt in 24 Stunden und 50 Minuten zweimal das Meer. Das Hochwasser ist die Flut, das Niedrigwasser die Ebbe. Der Unterschied zwischen jedem Hoch- und Niedrigwasser ist also $6\frac{1}{4}$ Stunden. Alle 14 Tage gibt es eine besonders hohe und 8 Tage darauf eine besonders niedrige Flut. Das sind die Springtiden bzw. Nipptiden. Auch sonst sind mancherlei Abweichungen zu beobachten.

Die Erklärung der Erscheinung ist folgende. Der Mond und daneben die Sonne ziehen die Erde an, und die bewegliche Wassermasse folgt dieser Kraft. Wenn Mond und Sonne auf derselben Seite stehen, so entstehen zwei Anschwellungen. Die eine liegt den beiden Gestirnen gegenüber, die andere auf der genau entgegengesetzten. Die erstere entsteht durch die direkte Anziehung, die letztere ist gewissermaßen eine negative Bewegung, ein Ausweichen in der entgegengesetzten Richtung. Diese beiden Anschwellungen laufen mit der Umdrehung der Erde um die ganze Erdkugel herum und zwar einem Mondtage entsprechend in 24 Stunden und 50 Minuten.

Wenn Mond und Sonne auf einer Seite stehen — Neumond — oder auf der entgegengesetzten — Vollmond — so ist die Flut und die Ebbe am stärksten, da sich die Anziehung beider Gestirne unterstützt — so entstehen die Springtiden. Wenn sie dagegen mit der Erde einen Winkel bilden, so arbeiten sich die Anziehungskräfte z. T. entgegen, und deshalb sind die Gezeiten schwächer. Am stärksten ist das Sich-Entgegenarbeiten zur Zeit des Halbmondes, wenn Sonne und Mond mit der Erde einen rechten Winkel bilden. Das ist die Zeit der Nipptiden.

Wäre die Erde ganz mit Wasser bedeckt, so würden sich die beiden Wellen mit großer Regelmäßigkeit über die Erdkugel hinziehen. Allein die Festlandsmassen treten hinderlich in den Weg. Daher entstehen nicht nur in den abgeschlossenen Nebenmeeren, sondern auch in den Ozeanen besondere Wellensysteme. Da nun die südliche Halbkugel von einem geschlossenen Wasserring umgeben wird, so trifft für diesen Teil der Wasseroberfläche obige ideale Voraussetzung fast zu. Aus diesem Wasserring schwenken dann die Gezeitenwellen nach Norden in die Ozeane ein und vereinigen sich mit den an Ort und Stelle entstandenen Wellensystemen. Daher treffen Ebbe und Flut verspätet ein. Diese Zeit des Unterschieds zwischen Gipfelstellung des Mondes und Eintreffen der Fluthöhe nennt man die Hafenzeit. Sie wächst im Atlantischen Ozean von Süden nach Norden aufsteigend und erreicht bis 10 Stunden. Auch kommen örtlich ganz unregelmäßige Gezeiten vor oder auch Verdoppelung in 24 Stunden.

Die Höhe der Gezeitenwelle ist sehr verschieden. An den Küsten ozeanischer Inseln ist sie gewöhnlich am kleinsten, z. B. 0,6 m bei Springflut in Ascension, 0,9 m in St. Helena, auf den Azoren 1 m, dagegen in Madeira 2 m. An den Küsten sind es meist 1—2 m. Allein in Buchten, in die das Wasser hineingedrängt wird, wächst die Fluthöhe bedeutend, bis 15,9 m im Bristolkanal, sogar 21,3 m in der Fundy-Bay zwischen Neuschottland und Neubraunschweig.

Bedeutend sind die Entfernungen, bis zu denen die Flut in die Flüsse hinaufsteigt, nämlich 67 km in der Weser, 148 km in der Elbe, 250 km im Ganges, 800 km im Jangtsekiang, 1000 km im Amazonas. In solchen Flüssen, wie auch in Meerengen entwickeln sich Gezeitenströme, d. h. die Gezeitenbewegung gleicht einem Strom. Daß es sich aber doch um eine richtige Wellenbewegung handelt, zeigt vor allem der Umstand, daß das Kentern des Stromes nicht bei Hoch- und Niedrigwasser, sondern bei Mittelwasser erfolgt. Daher beobachtet der Neuling mit Erstaunen die Erscheinung, daß das Wasser bei auslaufendem Strom steigen und bei einlaufendem Strom fallen kann. Die Bewegung ist eben eine Wellenbewegung, wie Abb. 23 es erläutert. Der am besten bekannte Gezeitenstrom im Meere selbst ist der des Ärmelkanals. Auch der sagenumwobene Maelstrom der Lofoten gehört hierher.

Meeresströmungen.

Es gibt zwei Arten von Meeresströmungen, die Ausgleichströmungen und die großen ozeanischen Strömungen. (Karte 16)

Die Ausgleichströmungen sind örtliche Erscheinungen. Sie entwickeln sich zwischen zwei Seebecken mit verschiedenem Salzgehalt. Dann fließt ein salzreicher Unterstrom in das salzärmere Meer, ein salzarmer Oberstrom in das salzreichere Becken. Das ist z. B. in den Meeren zwischen Nord- und Ostsee, zwischen Atlantischem Ozean und Mittelmeer, zwischen Marmara- und dem Schwarzen Meer der Fall.

Die großen Ozeanischen Strömungen sind dagegen Ströme ohne bestimmte Ränder, die sich über die Oberfläche hin bewegen und auch bestimmte Tiefen erreichen. Man erkennt sie aus folgenden Merkmalen.

Stromversetzung nennt der Seemann das Abtreiben des Schiffes aus seinem Kurs (Abb. 26). Ein Schiff müßte nach dem „gegißten Besteck“, d. h. entsprechend der Steuerung und der vom Logg angezeigten Geschwindigkeit in 24 Stunden von O nach A gekommen sein. Allein die astronomischen Beobachtungen der Länge und Breite — das „astronomische Besteck“ — zeigen, daß man in B ist. Das Schiff ist also nach Osten abgetrieben und gleichzeitig aufgehalten worden, wahrscheinlich durch eine aus Südwesten kommende Strömung. BC ist der Unterschied in der Breite, AC in der Länge.

Temperatur, Farbe und Salzgehalt sind in den Strömungen oft ganz anders als im umgebenden Meerwasser, da jene lange Zeit hindurch ihre Beschaffenheit beibehalten. So ist das Golfstromwasser warm, blau, salzreich, das der polare Ströme kalt, grünlich, salzarm.

Das Plankton, d. h. die mikroskopisch kleinen Tiere, ist für die tropischen, gemäßigten und polaren Meere bezeichnend und führt je nach den Regionen verschiedene Namen — Desmoplankton in den tropischen, Styliplankton in den gemäßigten, Trichoplankton in den polaren Meeren. Wenn man also tropisches Desmoplankton in einem der Mittellängengrad findet, so muß ein warmer Strom, in dem es noch schwimmt, es verschlagen haben. Findet man dagegen polares

Trichoplankton in der gemäßigten Zone, anstelle des Styliplanktons, so liegt polares Wasser vor.

Auch aus dem Gasgehalt des Wassers kann man da, wo die Temperatur versagt, auf seine Herkunft schließen. Man bestimmt den Stickstoffgehalt. Da dieses Gas vom Wasser aus der Luft nur langsam aufgenommen bzw. abgegeben wird, so tritt bei schneller Temperaturveränderung ein Mißverhältnis zwischen Temperatur und Gasgehalt ein. Ist zu viel Stickstoff vorhanden, so hat sich das Wasser erwärmt, im andern Fall abgekühlt.

Die Ursache der Meeresströmungen sind die beständig wehenden Winde, namentlich die Passate. Sie sind das treibende Herz und erzeugen im Pazifischen und Atlantischen Ozean je zwei, im Indischen einen Kreislauf. Indem sich die Meeresströmungen infolge des Beharrungsvermögens auch über die Windregion hinaus fortsetzen, entstehen aus den anfänglich „gezwungenen“, d. h. vom Wind getriebenen Strömungen, „freie“ Ströme.

Zum Ersatz des fortgeblasenen Wassers entstehen Ersatzströmungen, z. B. die äquatorialen Gegenströme. Wenn aber ein Wind heftig und dauernd vom Land ins Meer bläst, dann wird das Wasser von der Küste fortgeweht. Infolgedessen muß aus der Tiefe des Meeres Wasser nach-

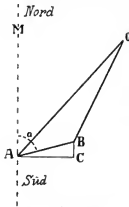


Abb. 26. Stromversetzung (nach Schott).

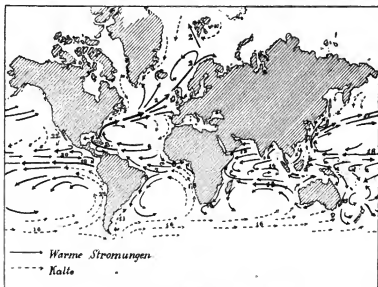
A-M = Meridiana, O Ausgangsort des Schiffes, A Berechneter Ort nach 24 Stunden, B Tatsächliche Lage nach 24 Stunden.

dringen, und da dieses kalt ist, so spricht man von kaltem Auftriebwasser (Abb. 27). An der Küste von Peru und Kalifornien, von Marokko und Südwestafrika tritt solches kaltes Auftriebwasser empor und beeinflusst energisch das Klima, namentlich den Regenfall.



Abb. 27. Entstehung von kaltem Auftriebwasser.
a Windrichtung, b Wasserbewegung, c Land.

Den Verlauf der Meeresströmungen kann man aus der Karte 16 entnehmen. Man erkennt die von den Passaten hervorgerufenen Ströme, die infolge der Erdumdrehung und anderer Einwirkungen umschwenken, so



Karte 16. Die Meeresströmungen.

Warme Strömungen:

- | | | |
|----------------------------------|-------------------|----------------------------|
| 1. Golfstrom | 8. Atlantischer | 23. Ostaustralischer Strom |
| 2. Golfstromriff | 14. Indischer | 12. Aguilhaström |
| 6 u. 18. Nordäquatorialströme | 20. Pazifischer | 13a. Nordostmonsunstrom |
| 7, 15 u. 19. Südäquatorialströme | 9. Brasilienstrom | |

Kalte Strömungen:

- | | | |
|---------------------|-------------------|----------------------|
| 3. Ostgrönlandstrom | 10. Benguelastrom | 21. Peruastrom |
| 4. Labradorstrom | 11. Falklandstrom | 22. Kalifornienstrom |
| 5. Kanarenstrom | 16. Westwindriff | |

daß Kreisläufe entstehen und zwischen ihnen die äquatorialen Gegenströme. Man erkennt ferner die Entstehung des Golfstromes, aus dem sich die atlantische Strömung und der Kanarenstrom, entwickeln und der Kurosiwo im

Pazifischen Ozean, während im Süden die Westwinddrift den Erdball umkreist. Das polare Wasser aber schiebt sich über das aus niederen Breiten stammende warme Wasser hinweg, weil es infolge von Salzarmut spezifisch leichter ist als das warme Wasser. Bemerkenswert ist im Indischen Ozean die Umkehrung der Meeresströmungen mit dem Wechsel der Monsune.

In mehr oder weniger abgeschlossenen Becken, wie z. B. im Mittelländischen Meer, entwickeln sich örtliche Strömungen, die hier nicht behandelt werden können.

5. Temperaturverhältnisse.

Das Meer erwärmt sich schwerer als das Land, hält sich dafür aber auch länger warm. Demgemäß ist die Temperatur des Meeres viel gleichmäßiger als die des Landes — nämlich $2-10^{\circ}\text{C}$ — und Meeresströmungen können ihre Temperatur weithin verfrachten. So ist es leicht zu verstehen, daß die Meeresströmungen auf die Verteilung der Lufttemperatur — also auf den Verlauf der Isothermen — großen Einfluß ausüben. Die Hälfte des Meeres hat über 20°C , 40 % sogar über 24° , und durch die Warmwasserheizung der Tropen werden die gemäßigten Breiten erwärmt, namentlich der Nordatlantische Ozean. Daher steigen über den Gebieten mit äquatorialen Strömungen die Isothermen an, während sie über polaren Strömungen herabsinken. Die kälteste Isotherme des Wassers ist die von Null Grad, während die wärmste von 35°C wohl in 28° n. Breite in abgeschlossenen Nebenmeeren (Rotes Meer, Persischer Golf) liegt. Übrigens ist die jährliche Schwankung in Ozeanen am Äquator am geringsten, etwa $2-3^{\circ}$, am größten Übergangsgebiet zwischen Subtropen und gemäßigter Zone ($5-15^{\circ}$). In den Binnenmeeren wird sie größer, bis 24° . Sehr gering ist sie wiederum in der Polarkappe, bis unter 2° !

Auf die Tiefentemperaturen soll nicht eingegangen werden, nur sei bemerkt, daß diese meist zwischen $0-3^{\circ}$ liegen. Die von der Sonne erwärmte oberflächenschicht besitzt eine Tiefe von 25—200 m, je nach der geographischen Breite und örtlichen Umständen.

6. Eishildungen.

Das Eis, das man im Meere antrifft, ist entweder Meereis oder Süßwassereis.

Süßwassereis liefern die Flüsse und Gletscher. Ersteres spielt eine geringe Rolle und besteht aus Schollen, die meist wohl nur einige Dezi-

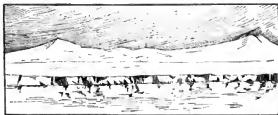


Abb. 28. Schelfeistafel vor König-Eduard VII-Land (nach Scott).

meter Dicke besitzen. Dagegen sind die Gletscher Grönlands und Spitzbergens in der Arktis und das gewaltige Inlandeis in der Antarktis die Lieferanten der mächtigen Eisberge. Diese entstehen in den Fjorden oder an offenen Küsten, indem sich das Gletschereis in das Meer vorschiebt. Denn da das Eis auf dem Wasser schwimmt, so wird die Gletscherzunge

emporgedrückt und zerbricht. Mit furchtbarem Gepolter überschlägt sich die losgelöste Masse, bis sie die Gleichgewichtslage erhalten hat; dann schwimmt der neue Eisberg davon. Solchen Vorgang nennt man das

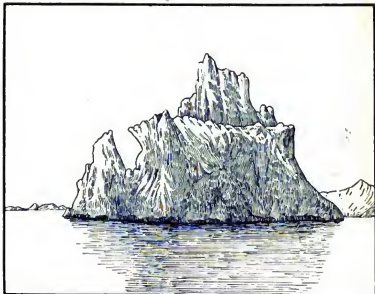


Abb. 29. Nordischer Eisberg, von einem Fjordgletscher abgebrochen (nach Aquarell von Pechuel-Lösche).

„Kalben“ der Gletscher. Das Eis ragt nur zu $\frac{1}{10}$ der Masse über dem Wasser auf, $\frac{9}{10}$ sind nicht sichtbar. Trotzdem sind Eisberge von 137 m Höhe sicher beobachtet worden, einmal schien sogar die Höhe von 197 m erreicht worden

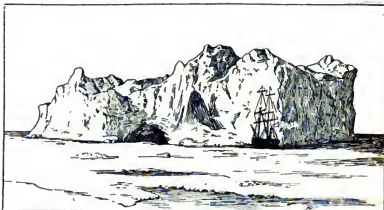


Abb. 30. Südpolarer Eisberg von Tafelform mit Brandungshöhle umgeben von Meereis. (nach Hobbs)

zu sein. Daraus geht nun freilich nicht notwendigerweise hervor, daß die Dicke des Eises 137×6 oder gar 197×6 gewesen sei. Die Hauptmasse des Eises mag im Wasser stecken und nur eine zugespitzte kleinere Masse aufragen, die wenig höher ist als der unterseeische Teil.



Abb. 31. Rand von Packeis aus zusammengeschobenen Schollen (nach Aquarell von Pechuel-Lösche).

Im Gegensatz zu Spitzbergen und Grönland setzt sich das Inlandeis der Antarktis als schwimmende Eistafel fort, die mit riesiger Eismauer endet und sich ganz langsam gegen das Meer vorschiebt (Abb. 28). Sie hat

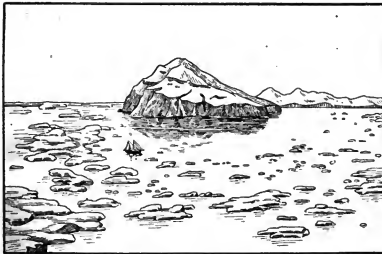


Abb. 32. Treibeis am Cap Tscheljuskin (nach Aquarell von Pechuel-Lösche).

den Namen Schelfeis, auf das im Band III eingegangen werden wird. Aus diesem Schelfeis entstehen die tafelförmigen Eisberge.

Wenn sich Eisberge festkeilen und jahre- und jahrzehntelang liegen, so verliert das Eis infolge des fortwährenden Schmelzens und Wiederfrierens

und infolge des inneren Druckes seine Luft; es wird dichter und bekommt blaue Färbung. Solches „Blaueis“ ist für die Antarktis bezeichnend.

Im Meere treibend, schmelzen die Eisberge allmählich ab, teils unter Wasser — namentlich wenn sie in warme Ströme geraten — teils an der Luft. Dann entstehen die abenteuerlichsten Schmelzformen. Verliert der Eisberg infolge raschen Abschmelzens im Wasser das Gleichgewicht, so schlägt er um, und manches Schiff ist einer solchen Katastrophe zum Opfer gefallen.

Das Meereis entsteht durch Gefrieren des Meerwassers. Dieser Vorgang erfolgt erst bei $-2,5^{\circ}\text{C}$, da das Salz den Gefrierpunkt herabdrückt. Ein Teil des Salzes scheidet sich dabei ab, d. h. das Eis reinigt sich vom Salz. Im Laufe eines Jahres entsteht höchstens eine 2,5 m dicke Eisdecke. Allein diese zerbricht oft infolge der Bewegungen von Gezeiten und

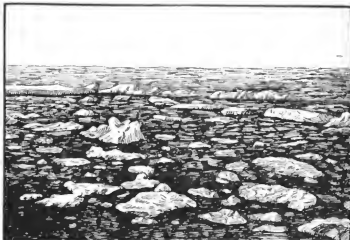


Abb. 33. Pfannkucheneis (nach von Drygalski).

Strömungen, die Eisschollen werden übereinander geschoben und frieren zusammen. So entstehen die viele Meter mächtigen, berühmten Packeismassen, die eine so schwere Gefahr für die Schiffe bilden. Kanäle und Waken sind in der Meereisdecke oft zu finden. Wenn der Sommer kommt, schmilzt das Eis teilweise, ein anderer Teil aber wird von den Strömungen erfaßt und als „Treibeis“ verfrachtet. Indem sich die Eisschollen beim Transport beständig drehen und gegenseitig bestoßen — geradeso wie beim Eisgang auf unseren Flüssen — erhalten sie rundliche Formen und heißen dann Pfannkucheneis (Abb. 33). Das zerfallende Treibeis hat nach seinen verschiedenen Formen verschiedene Namen erhalten, z. B. Scholleneis, Flardeneis, Brockeneis. Im Atlantischen Ozean gelangt es mit den kalten Polarströmungen bis Neufundland und selbst New York ($35^{\circ}\text{ n. Br. !}$). Allein nichts durchquert den Golfstrom; daher fehlt es der europäischen Seite ganz.

Teil III. Die Pflanzendecke.

Allgemeine Gesichtspunkte.

Im Abschnitt über die beschreibende Landschaftskunde ist der Leser mit den notwendigsten Tatsachen bekannt gemacht worden, um die Pflanzendecke, soweit sie in der Landschaft uns entgegentritt, nach äußerlichen Merkmalen beschreiben zu können. Allein wen die Pflanzendecke und ihre Erscheinungen fesseln, der wird auch den Wunsch haben, einmal über die Ursache der verschiedenen Erscheinungen sich zu unterrichten. Auch ohne größere botanische Kenntnisse zu besitzen, wird man vieles nicht nur verstehen, sondern man wird sogar in der Lage sein, nach gewissen Richtungen hin, neue wichtige Tatsachen zu sammeln und auf Grund der bisher bekannten Forschungen, die Pflanzenwelt in der Landschaft zu verstehen.

Es kann sich nicht darum handeln, die Anatomie und Physiologie der Pflanzen geordnet zu besprechen, viel mehr muß man sich darauf beschränken, das für die Landschaft Wichtigste herauszuheben.

Auch Kenntnisse in der Systematik sollen nicht vorausgesetzt werden. Allerdings kann nicht scharf genug betont werden, daß man mit um so größerem Verständnis die Pflanzendecke der Landschaften betrachten wird, je umfangreicher die Kenntnisse von der Pflanzenwelt sind, und einen gewissen Betrag muß man freilich auch bei den bescheidensten Ansprüchen voraussetzen, zu dem aber die Schule die Grundlagen geliefert haben dürfte.

Kapitel I. Der Standort und seine Wirkungen auf das Wachstum der Pflanzen und auf die Ausbildung der Lebensformen.

Die Gewächse, die die Pflanzendecke zusammensetzen, zerfallen in Bäume, Sträucher, Halbsträucher usw. — Formen, die man als Lebensformen bezeichnet. Untersuchen wir das Aussehen einer bestimmten Art an verschiedenen Standorten, so wird man oft feststellen, daß sie hier als gewaltiger Baum, dort als krüppeliger Busch entwickelt ist, und zwar nicht eine einzelne Pflanze, sondern alle vorhandenen. Namentlich im Gebirge kann man beim Ansteigen auf größere Höhen eine Umwandlung der Lebensformen feststellen. Augenscheinlich hängt der Wuchs, die ganze Entwicklung der Pflanzen von den Einflüssen des Standortes ab.

Der Begriff „Standort“ im wissenschaftlich-pflanzenkundlichen Sinn umfaßt die Gesamtheit aller an einem Ort wirkenden Kräfte, die die Pflanzen beeinflussen. Diese Einflüsse hängen einerseits vom Klima, sodann vom Boden ab. Nicht unwichtig ist auch der Einfluß der Tierwelt. Dagegen hat der Mensch auf die Gestaltung einzelner Pflanzen nur geringen Einfluß, es sei denn, daß er sie durch Züchtung und Kreuzung verändert. Diese Umwandlungen sind gewaltig, beziehen sich aber nur auf Kulturpflanzen und hängen mit natürlichen Standorten nicht zusammen. Deshalb sollen sie hier nicht besprochen werden.

I. Klimatische Einwirkungen.

Folgende Kräfte sind ausschlaggebend: Luft — Licht — Wärme — Wasser und Wind.

1. Die Luft.

Der Sauerstoff und die Kohlensäure sind wichtig. Die Pflanzen nehmen hauptsächlich Kohlensäure auf und scheiden Sauerstoff ab. Aus dem aufgenommenen Kohlenstoff nebst Wasser werden die meisten Teile der Pflanzen — Holz, Zellwände, ferner Zucker, Stärkemehl, und aus diesen Fette, Öle, Harze — gebildet.

Schädliche Stoffe in der Luft sind schweflige Säure und Leuchtgas. Schwefelsäure-Fabriken wirken namentlich auf Nadelbäume verheerend. Sehr wichtig ist für die Wasserpflanzen der Luftgehalt im Wasser. Von der Sonne stark erwärmte, stehende Gewässer, ferner humushaltige Gewässer, die wenig Sauerstoff enthalten — in Mooren und Heiden — sind arm an Pflanzen. Bewegtes Wasser nimmt mehr Luft auf als stehendes. Sumpfpflanzen haben deshalb manchmal an der Basis einen geschwollenen Stamm mit Lufträumen — Luftspeicher. Aerenchym nennt man solches lufthaltiges, kackähnliches Gewebe, das einen schwammigen Mantel bildet.

Landschaftlich auffallend sind besonders Atemwurzeln — Pneumatophoren — bei Sumpfbäumen, z. B. *Taxodium distichum* (Abb. 34). Sie

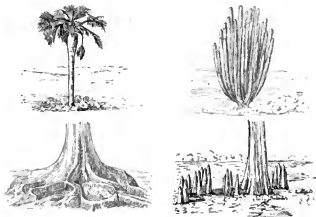


Abb. 34. *Borassus palme* mit hauchiger Anschwellung (links oben), *Euphorbia* (*Pilocereus fulviceps*) aus Mexiko (rechts oben), Brettwurzeln eines typischen Urwaldbaaues (links unten), Sumpfpalmen (*Taxodium distichum*) mit Atemwurzeln, Südstanten (rechts unten).

ragen in Menge bis $1\frac{1}{2}$ dm hoch und 3—5 cm dick aus dem Wasser auf. (Taxodiumsümpfe der Golfküste USA.)

Der Luftdruck wirkt vor allem dadurch, daß er die Bestrahlung durch die Sonne und die Verdunstung beeinflußt. Bei Abnahme des Druckes mit der Höhe wachsen 1. die Erwärmung durch Bestrahlung, 2. die Abkühlung durch Ausstrahlung und Verdunstung.

2. Das Licht.

Schon längst ist es bekannt, daß im Dunkeln — z. B. in Kellern — wachsende Pflanzen, nicht grün, sondern gelblich, weiß, bleich, krank aussehen. Das Licht ist es, das unter Aufnahme der Kohlensäure aus der Luft das grüne Chlorophyll bildet. Untersuchungen haben ferner ergeben,

daß die roten und grünen Strahlen des Sonnenlichtes die Sauerstoffabscheidung, die blauen und violetten aber die Aufnahme der Nitrate und damit die Eiweißbildung befördern.

Das Lichtbedürfnis der Pflanzen ist bekannt. Ranken kriechen zum Licht, Bäume, Büsche neigen sich ihm zu. Blüten, z. B. von Narzissen auf einer Wiese, blicken morgens nach Osten, mittags nach Süden, abends nach Westen; sie drehen sich wie von einem Uhrwerk getrieben. An Rändern entwickelt sich der Wald dichter als im Innern. Im tiefen Waldesdunkel wachsen wenig Pflanzen, besonders wenig Blütenpflanzen. Im Wasser hört bei uns die höhere Pflanzenwelt in rund 10 m Tiefe auf. Während einzelnstehende Bäume eine allseitig entwickelte Krone bilden, verkümmert diese auf der Seite, wo der Baum sich einem anderen nähert. Im Fichten- und Tannenwald sterben die dauernd im Schatten befindlichen Äste ab, und mit Macht streben im tropischen Urwald Stämme, Lianen, entgegen. Oben leuchten auch

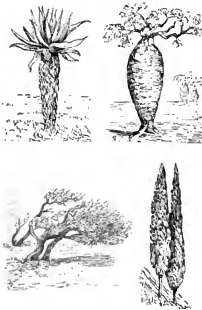


Abb. 35. Aloe mit Schopfkronen aus Natal (links oben), Baum (Chorisia) mit tonnenförmigen Stamm aus dem Catingawald Brasiliens (rechts oben), Kiefer, vom Wind gebogen (links unten), Zypresse mit Spindelwuchs (rechts unten).

Würger, Aufsitzer nach oben, dem Licht die Blüten in herrlichster Pracht.

Nun sollte man meinen, daß die Pflanzen um so besser gedeihen, je stärker sie belichtet werden. Allein das ist nicht der Fall. Bakterien sterben im Sonnenlicht ab — ein hygienisch ungeheuer wichtiger Vorgang — aber auch höhere Pflanzen können durch Übermaß an Licht schwer geschädigt werden. Sie werden gelb, braun, bleich, gehen zu Grunde. Auch ist es längst aufgefallen, daß manche Bäume und Sträucher in der Sonne die Blätter so stellen, daß die Blattspreiten von den Strahlen nicht getroffen werden. Die schattenlosen Bäume, schattenlosen Wälder in Australien aus

Eukalyptus-Arten sind wohl die auffallendste Erscheinung in dieser Richtung. Andere Gewächse falten im Licht die Blätter zusammen; nachts aber breiten sie sie aus, wie auch die Eukalypten und andere Bäume die Senkrechtstellung nur in der Mittagszeit besitzen. Manche Steppenbäume bilden zwar die Blätter während der Trockenzeit in blendendem Sonnenlicht, aber die jungen Blätter glänzen wie lackiert. Das Licht wird anscheinend zurückgestrahlt, und so seine Wirkung abgeschwächt. Auch Behaarung soll Lichtschutz gewähren. Vielleicht ist der Spindelwuchs der Cypressen ein Lichtschutz; im Innern der Krone ist es sehr schattig (Abb. 35).

Untersuchungen, namentlich auch Versuche mit künstlicher Dauerbeleuchtung haben manche wichtige Ergebnisse erzielt.

Wiesner als erster und nach ihm andere haben mit Hilfe von photographischem Papier Lichtmessungen gemacht und den Nachweis geführt, daß bestimmte Arten von Pflanzen an ihren Standorten bestimmte Lichtmengen erhalten. Das Lichtbedürfnis ist für das Gelingen der Entwicklung an einem Ort maßgebend. Bei zu viel oder zu wenig Licht erliegt die Pflanze; auch die Zeit der Entwicklung — z. B. das Sprossen und Blühen der Frühlingsblumen in unsern noch unbelaubten Wäldern — ist vom Licht abhängig. Ähnlich muß es mit den oben erwähnten Steppenbäumen stehen, die in der lichtstärksten Zeit ihre Blätter und Blüten entwickeln, sich aber durch Lackierung der Blattflächen vor dem Licht schützen.

Ferner ist festgestellt worden, daß im Dunkeln — also nachts — Wurzeln, Stamm und Zweige schneller wachsen, als bei Licht. Starkes Licht bewirkt schließlich Stillstand. Blattknospen und Geschlechtsorgane brauchen dagegen zu ihrer Entwicklung viel Licht. Bemerkenswert ist auch die Blattentwicklung. Starkes Licht bedingt kleine, dicke Blätter, schwaches dagegen große und dünne. Damit stimmt überein, daß Schattenpflanzen wenige und kleine Blüten, aber große Blüten besitzen, und daß ihr Chlorophyll ganz oberflächlich in der Oberhaut liegt. Sonnenpflanzen dagegen haben zahlreiche große Blüten, kleine dicke Blätter, und das Chlorophyll liegt tief, im sog. Mesophyll.

Ist nun die Einwirkung des Lichtes in den verschiedenen Klimagürteln erkennbar?

Die größten Lichtmengen erhalten Pflanzen der Polargürtel wegen der andauernden Beleuchtung. In zweiter Linie kommen dann die Hochgebirge der Tropen, und von da aus nimmt nach abwärts und polwärts bis gegen den Polarkreis hin die Lichtmenge ab. Der Mittulgürtel erhält vermutlich die geringste Lichtmenge. Allein Bewölkung und Niederschläge, Sonnen- und Schattenlage rufen zeitliche und örtliche Verschiedenheiten hervor.

Mit den Vorstellungen über die Wirkung des Lichtes stimmt die geringe Größe der Pflanzen überein, nämlich das Krüppelholz der Polargebiete und Hochgebirge, desgleichen die immergrünen, dicken, kleinen Blätter, dagegen nicht deren große Wurzeln.

Es stimmt überein die Größe der Blätter in dem schattigen Urwald der Tropen und dessen Blütenpracht oben in der Sonne. Indessen drängt sich einem schon bei der Betrachtung unserer gemischten Wälder mit Laub- und Nadelbäumen, aber auch der Steppenwälder die Überzeugung auf, daß außer dem Licht doch auch noch andere wichtige Einflüsse geltend sein müssen; denn in der Entwicklung der Wurzeln, Stämme, Äste, Blätter und Blüten bestehen bei gleichen Lichtbedingungen gar zu große Unterschiede.

3. Die Wärme.

Die Bedeutung der Wärme für die Entwicklung der Pflanzen ist längst bekannt. Wenn es kalt wird, sterben zahllose Kräuter und Stauden ab.

Frost bewirkt plötzlichen Blattfall. Südfruchtbäume müssen selbst in den Mittelmeerländern gegen Kälte geschützt werden. An der Küste von Florida wurden in einem kalten Winter viele Mangrovenwälder vernichtet, und die Nordgrenze dieses Tropenbaumes weit nach Süden geschoben.

Zweifellos können gerade Gewächse der heißen Zone keine Kälte vertragen, +5 bis +2° ist für viele tödlich. Dagegen halten Nadelbäume in Sibirien bei Jakutsk —62° C aus, von der Widerstandsfähigkeit der Polarpflanzen nicht zu reden. Auch die Hitze wirkt tödlich. Gefäßkryptogamen vertragen bis 40°, andere Pflanzen 50—51°. Allein Wüstenpflanzen gedeihen bei 52° und mehr Schattentemperatur in der Hitze vollen Sonnenbrandes. Auf Felsen überstehen Flechten Temperaturen von 60—80°. Ganz merkwürdig ist die Leistungsfähigkeit mancher Algen, die bei Siedehitze in heißen Quellen leben.

Es ist leicht zu verstehen, daß Humboldt auf die Verschiedenheit der Temperatur das Hauptgewicht legte und die Ausbildung der Pflanzen und Pflanzenvereine nach Höhen- und Flächengürteln, den Laubabfall unserer Bäume im Winter u. a. durch Temperaturunterschiede erklärte. Heutzutage sind dagegen die Ansichten über die Bedeutung der Wärme und vor allem der Kälte sehr geteilt.

Untersuchungen haben nämlich ergeben, daß die Temperatur auf die verschiedenen Vorgänge in der Pflanze verschieden einwirkt, d. h. für das Wachstum der Wurzeln, Achsen, Blätter, Blüten, Früchte gibt es verschiedene „Optima“ und zwar nicht nur bei jeder Pflanze, sondern auch im Laufe der Entwicklung einer Pflanze. Die Grade, die für die Entwicklung am günstigsten sind, nennt man Kardinalgrade. Wenn in einer Hinsicht der Kardinalgrad nicht stimmt, tritt Verkümmern des Vorganges ein. Bei der Anpassung an ein anderes Klima ist das wichtig. So ist es zu erklären, daß manche Pflanzen in einem anderen Klima ohne weiteres gedeihen, andere dagegen bezüglich der Blüten, Früchte, Blätter u. a. m. sich nicht günstig entwickeln, je nachdem das Bedürfnis hinsichtlich der „Kardinalgrade“ befriedigt oder nicht befriedigt wird.

Strittig ist die Frage nach dem Vorhandensein oder Fehlen eines Kälteschutzes. Manche Forscher glauben, daß solche Vorrichtungen fehlen, andere beziehen die Ausbildung von Haaren und Knospenschuppen auf Kälteschutz, da diese Gebilde schlechte Wärmeleiter sind. Ferner ist zweifellos bei einsetzender Kälte trockene Beschaffenheit der Gewebe günstig, während Saftreichtum schädlich ist. Die Umwandlung der Stärke in Fett im Stamm der winterkahlen Bäume, ferner Ansammlung von Zucker in dem Zellsaft wird auch als Kälteschutz aufgefaßt. Schließlich erklärt man das Anschmiegen der Pflanzen an dem Boden bei Krummholz, Rosetten-, Rasen- und Rankenbildung für einen Schutz gegen Kälte und mögliche Ausnutzung der Wärme, die der Boden infolge der Bestrahlung aufnimmt.

Ein Nachweis, daß die genannten anatomischen Erscheinungen eine Vorrichtung gegen Kälte sind, gelingt deshalb nicht, weil sie alle auch als Schutzmittel gegen Verdunstung und Austrocknung aufgefaßt werden können. Damit kommen wir aber zu einer anderen Kraft, die auf die Pflanze einwirkt, zu dem Wasser.

4. Die Niederschläge und Bodenfeuchtigkeit.

Das Wasser ist der Träger des Lebens von Pflanzen und Tieren. Der Saft durchströmt die Pflanzen, wie das Blut und die Lymphe den tierischen Körper. Es verteilt die Nahrungsstoffe, es setzt sie um und scheidet Zerfallstoffe aus dem Körper aus.

Manche Pflanzen, wie Algen, Flechten, Moose nehmen mit der ganzen

Körperoberfläche Wasser auf, die höheren dagegen mit den Wurzeln und mit den Spaltöffnungen der Blätter und Stengel. Luftfeuchtigkeit, Nebel, Tau, Regent- und Bodenwasser sind die Quelle, aus denen die Pflanzen es entnehmen.

Das Wasserbedürfnis der Pflanzenarten ist ein sehr verschiedenes. Es gibt Pflanzen, die auf oberflächlich trockenem Boden ebenso gut gedeihen, wie in Sumpf, und manche Kräuter und Stauden wandern sogar von der Wiese in das Wasser. Manche sind gegen zeitweilige Überschwemmungen gar nicht, andere sehr empfindlich. Zwiebeln und Knollen ruhen in trockenem Boden jahrelang; in feuchtem verfaulen sie während der Ruhezeit schnell — z. B. Kartoffeln im feuchten Keller.

Manche Pflanzen wachsen im Trockenen, allein wenn sie künstlich bewässert (oder an feuchten Orten angepflanzt werden, entwickeln sie sich besser. Man muß daher annehmen, daß sie nur gezwungen sich auf trockenen Boden begeben haben, verdrängt im Kampf ums Dasein.

Viele Pflanzen beanspruchen ein Mittelmaß an Feuchtigkeit und Trockenheit, andere mäßige, aber dauernde Feuchtigkeit, andere wiederum Wechsel von Nässe und Trockenheit mit den Jahreszeiten.

Worauf kann nun die ungenügende Befriedigung des Wasserbedürfnisses der Pflanzen beruhen? 3 Gründe gibt es.

a) Wassermangel, d. h. es ist nicht genügend Feuchtigkeit da, weil Taufall, Regen, Nebel fehlen, und weil die im Boden enthaltene Feuchtigkeit nicht ausreicht. Es kommt also einmal auf den Niederschlag, sodann auf den Boden an; wenn der Boden durchlässig ist, so hält er kein Wasser fest, z. B. Kies, Grand, klüftiges Gestein.

b) Behinderung der Wasseraufnahme kann aus verschiedenen Gründen eintreten. Einmal halten manche Bodenarten — Tonboden besonders — das Wasser fest und geben es nicht an die Wurzeln ab.

Sodann verhindern Salze — Kochsalz, Soda, Alaun, Sulfate u. a. m. — die Wasserabgabe, und wahrscheinlich tun saure Humusstoffe das selbe.

Kälte des Bodens wirkt auf die Wasseraufnahme stark herabsetzend; gefrorener Boden ist für Pflanzen einfach trocken. Schimper nennt die Behinderung der Wasseraufnahme bei Überschuß von Wasser physiologische Trockenheit.

c) Die Verdunstung des Wassers in der Pflanze übertrifft die Aufnahme. Dann muß der Wasserverlust die Pflanze verdorren lassen.

Die Verdunstung wird durch Lufttrockenheit befördert. Maßgebend ist dabei nicht die relative Luftfeuchtigkeit, sondern das Sättigungsdefizit = Sättigungsmangel. Dieser müßte bestimmt werden, wenn man pflanzenphysiologisch arbeiten will. Sodann wirken förderlich Hitze der Luft, Luftverdünnung, — also große Meereshöhe — Wind und schließlich das Licht; denn bei starkem Licht verdunsten die Pflanzen lebhafter, als in der Dunkelheit.

Wie schützen sich nun die Pflanzen gegen Wassermangel?

Man kann folgende Schutzmittel erkennen:

a) Beschränkung des Wachstums auf nasse Zeiten. In Wästen und Steppen überdauern zahlreiche Pflanzen als Samen oder unterirdische Wurzelstöcke, Zwiebeln, Knollen die Dürre und erwachen nach Regen. Schnell entwickeln sie sich, blühen, reifen Früchte und verdorren bald. Diese kurzlebige Regenflora zeigt keine Anpassung an Trockenheit, sie hat feuchtwüchsigen Bau der Blätter und Stengel.

b) Austrocknung wird getragen. Flechten, Bakterien und einige höhere Pflanzen — Rose von Jericho — tragen völlige Austrocknung und nehmen nach Regen schnell wieder Wasser auf.

e) Abwerfen und Neubildung empfindlicher Teile. Am empfindlichsten gegen Dürre sind die Blätter, da sie hauptsächlich bei der Verdunstung das Wasser abcheiden; demnach werden sie in den Tropen mit dem Beginn der Trockenheit, in unseren Breiten mit dem Beginn des kalten, trockenen Winters abgeworfen — regengrüne und sommergrüne Gehölze.

d) Vermehrung der Wasseraufnahme aus dem Boden. Da sich auch nach Aufhören der Regen Wasservorräte im Boden halten, so entsenden viele Pflanzen der Wüsten und Steppen lange Wurzeln tief in die Erde bis zum Grundwasser. Auch die Polarpflanzen entwickeln wegen der Herabsetzung der Wasseraufnahme durch die Kälte starke Wurzeln.



Abb. 36. Baobab, Dickhäuterwuchs (links oben), Sterculia, Strauchwuchs (rechts oben), Akazie mit Schirmkrone (links unten), Bauhinia mit Zwetschenbaumwuchs.

e) Beschleunigung des Wasserstromes in der Pflanze. Einmal erfolgt in dem Stamm der Pflanzen eine Zunahme der Anzahl der Gefäße, die das Wasser leiten, sodann aber steigert sich — wie in den Lianen des tropischen Urwaldes — der Druck, den die Wurzeln auf die Säfte der Gefäße ausüben, so gewaltig, daß eine lebhafte Strömung entsteht.

Andere Bäume — Kiefern und andere Nadelhölzer, Akazien — breiten dagegen ihre flach liegenden Wurzeln schirmförmig aus und vermehren damit in großem Umfang ein Aufsaugen des fallenden Regens.

f) Aufspeicherung von Wasser. Die Regenzeit benutzen die Pflanzen, um Wasservorräte zu sammeln. In den Blättern, Ästen, Stämmen wird ein zelliges Wassergewebe angelegt. So entstehen die Saftgehölze der Kakteen, Euphorbien (Abb. 34) und anderer „sukkulenter“ Pflanzen oder Saftpflanzen. Die spindelförmige Anschwellung des Stammes der Borassuspalm (Abb. 34), der dicke Stamm des Baobabs (Abb. 36), die Tonnenstämme (Abb. 35) des Caatingawaldes in Brasilien (*Chorisia erispiflora*) und anderer Bombaceen. Auch bei flach wurzelnden, saftreichen Bäumen unserer Wälder — Birken — handelt es sich vielleicht um eine Aufspeicherung für Dürrezeiten. Tropische Aufsitzer sammeln Regenwasser in den Blattaehsen an, da ihre Wurzeln, die sich frei um den Ast legen, kein Wasser aufnehmen können.

g) Maßnahmen zur Herabsetzung der Verdunstung. Einschränkung der Wasserabgabe wirkt ähnlich wie Wasseraufspeicherung. Die Merkmale für solche Schutzvorrichtungen sind folgende:

Am Stamm ist eine dicke, korkige Rinde unter starker Entwicklung der Korkschiebt bezeichnend. Auch bei unsern Waldbäumen tritt diese deutlich zutage, nicht aber bei der saftreichen, Wasser aufspeichernden Birke. Die Zweige und Äste werden knorrig und krüppelig — man denke an Pflaumen- und andere Obstbäume. Ferner verwandeln sich die Enden der Zweige in Dornen; Dornbäume, Dornsträucher sind demnach für Trockengebiete bezeichnend. Am meisten werden die Blätter umgewandelt. Der „Trockenwuchs“ besteht darin, daß die Blätter eine dicke Oberhaut — Cuticula — erhalten; dadurch werden sie hart, lederartig. Die Spaltenöffnungen, d. h. die Atemlöcher, werden in die Tiefe versenkt. Ein dichtes Haarkleid überschattet, Harz und Wachs überziehen die Blattflächen der Wüstenpflanzen, auch Salzüberzüge auf Blättern und Stengeln vermindern die Verdunstung; denn das Salz zieht nachts Wasser aus der Luft an, und so wirkt die nasse Hülle schützend. Der Schopf der Grasbäume (Abb. 34) ist wohl auch eine Anpassung an die Dürre. Knospen erhalten dicke Schuppendecken und die Harzabscheidungen der Laubknospen unserer Bäume wirken auch wohl gegen Verdunstung. Die Umwandlung der Blätter in Nadeln hängt gleichfalls mit der Herabsetzung der Verdunstung zusammen. Manche Bäume verzichten überhaupt auf Blätter. Dann werden die Zweige und selbst der Stamm grün, d. h. chlorophyllhaltig und übernehmen die Tätigkeit der Blätter — Kakteen, Euphorbien (Abb. 34).



Abb. 37. Cauliflorie eines typischen Urwaldbumes (*Stelechocarpus burahol*); Stamm mit Früchten (links oben), Venusliegenfalle (*Dionaea muscipula*), Rosettenwuchs (Mitte), *Haastia* sp. Polsterwuchs einer neuseeländischen Gebirgspflanze.

h) Anpassung des Wuchses an austrocknende Winde. Der Wind, und zwar namentlich Wind bei Frost, hat eine große austrocknende Kraft; deshalb die trockenwüchsigen Anpassungen der Blätter in Form von Nadeln oder Lederblättern, die der Stämme und Zweige in Form von korkigen Rinden und auch in der Form der Dornenbildung bei unseren Bäumen und Sträuchern. Außerdem aber veranlassen gerade die Winde eine Umgestaltung des Wuchses im ganzen. Über der Erde ist ja der Wind viel schwächer als auch nur in 1 oder gar 2 m Höhe. Demnach legen sich die Bäume auf die Erde und bilden Krummholz oder niedriges Gestrüpp

und Polster: Kräuter und Stauden entwickeln Rosetten und Polster oder kriechen auf dem Boden. Die Polsterform der Sträucher scheint auch wesentlich eine Folge des Windes zu sein (Abb. 37). In den kalten Gebieten und in den Hochgebirgsgürteln, wo der Polsterwuchs ganz besonders verbreitet ist, spielt indes auch der Schnee eine große Rolle; er schützt die Pflanzen vor dem „Erfrieren“. Aber das Erfrieren ist wohl kein Kältetod, sondern ein Verdunstungstod. Alle Zweige, die über die



Abb. 38. Einfluß der Schneedecke.

Platt gewachsener Baum von *Juniperus communis* (nach Kielmann). Die winterliche Schneedecke erreicht die Höhe der Kroneplatte.

Schneedecke hinausragen, gehen zu Grunde (Abb. 38). Die Ausbildung des Zwergwuchses in dem kalten Gebiete ist also eine Folge der Winde und die Höhe der Schneedecke bestimmt auch die Höhe des Gesträuches. Die Ausbildung des Niederholzes ist also z. T. eine Folge der Winde, z. T. eine solche der Kälte und des Schnees.

Trockenwuchspflanzen.

Die Entwicklung heißer Dürren, sowie windiger Frostzeiten hat einen gewaltigen Einfluß auf die Pflanzenwelt. Bereits 1—2 Monate Dürre veranlassen in den Tropen eine Anpassung an die Trockenheit, zuerst durch Laubwechsel, dann folgen bei noch längeren Dürren eingreifende anatomische Umgestaltungen.

Der Botaniker nennt die Gewächse, die an die Dürre angepaßt sind, Xerophyten und spricht von xerophilen oder xerophytischem Bau. Wir wollen hier, getreu dem Grundsatz, Fremdwörter zu vermeiden, von Trockenwuchs und Trockenwuchspflanzen reden. Auch Ausdrücke dürrhart, kältehart, dürrfest, kältefest sind brauchbar.

Die Trockenwuchspflanzen zerfallen nun in zwei Gruppen. Für manche ist Trockenheit zum Leben notwendig: mehr Nässe, als ihrem natürlichen Standort zukommt, schädigt sie. Andere dagegen gedeihen viel üppiger, wenn sie mehr Wasser erhalten, und wie Kulturversuche gezeigt haben, verlieren sie dann allmählich den Trockenwuchs. Zahlreiche Bäume sind bekannt, die in Savannen als hohe Büume, in regenarmen Steppen aber nur als Strauch auftreten. Man kann also freiwillige oder dürrholde und gezwungene Trockenwuchspflanzen unterscheiden.

Regenwuchspflanzen oder Feuchtwuchspflanzen.

Hygrophyten nennt der Botaniker die an reichliche Feuchtigkeit angepaßten Gewächse, hygrophil oder hygrophytisch ist ihre Natur und ihr Bau: auch sie zeigen durch ausgesprochene anatomische Kennzeichen ihr Bedürfnis nach Feuchtigkeit an.

Wie schützen sich Pflanzen gegen Übermaß an Nässe?

Die regenwüchsigen Pflanzen der dauernd feuchten Gebiete sind durch schwache Wurzeln, einen Stamm mit dünner Rinde, lange Aehren, große dünne Blätter, offene Spaltöffnungen ausgezeichnet. Dornen kommen nicht vor, höchstens Stacheln, auch solche an Stämmen. Häufig weisen sie besondere regenfeindliche Einrichtungen auf. Die Blätter sind nämlich glatt und unbenetzbar; d. h. der Regen läuft an ihnen ab. Erleichtert wird

das Abfließen durch Ausbildung einer langen Spitze — Träufelspitze (Abb. 39) — und durch Rinnen im Verlauf der Blattnerven. Wachsüberzüge sind häufig. Die große Oberfläche der Blätter dient wohl auch zur Vergrößerung der Verdunstung. Vor allem sind in den Blättern bestimmte Organe wichtig, die Wasser abscheiden — die Hydathoden. In tropischen Regenwäldern sprüht morgens oft genug ein feiner Regen herab — Tau meint wohl mancher, allein in Wirklichkeit sind es die von den Hydathoden angeschiedenen, herabfallenden Wassertröpfchen. Auch die Blattstellung ist auf Übermaß an Regen eingerichtet; die Blätter hängen herab oder sind senkrecht gestellt, so daß das Wasser ablaufen muß. Eine solche Stellung schützt auch die Blätter vor mechanischer Schädigung durch den herabprasselnden Regen. Leichte Beweglichkeit und Kleinblättrigkeit soll dem gleichen Zweck dienen.



Abb. 39. Träufelspitze eines Blattes von *Ficus religiosa*.

Mittelwuchspflanzen.

Mesophyten nennt der Botaniker solche Gewächse, die in der Mitte zwischen feuchtwüchsigen und trockenwüchsigen Pflanzen stehen. Sie besitzen die Merkmale beider. Einerseits sind sie schwach trockenwüchsig, andererseits auch deutlich regenwüchsig. Daher sind sie in der Lage, schwache Trockenzeiten zu überstehen. Diese mittelwüchsigen Pflanzen zerfallen in regengrüne und sommergrüne. Tropophyten hat Schimper die Gehölze genannt, welche mit dem Beginn der Trockenzeit oder mit dem Beginn des Winters das regenwüchsige Laub abwerfen, nur den trockenwüchsigen Stamm nebst Zweigen behalten. Warming und Gräbner halten die Aufstellung der Tropophyten-Abteilung für überflüssig und behandeln sie bei den Mittelwuchspflanzen. Allein es ist doch wohl ein Unterschied, ob ein Gewächs seine Organe gleichzeitig auf Regen und Dürre einrichtet, oder an die Jahreszeiten sich anpaßt, also abwechselnd feuchtwüchsig und trockenwüchsig ist. Die Tropophyten könnte man wohl als eine Unterabteilung der Mesophyten beibehalten.

Die Verbreitung der verschiedenen Formen von Anpassung an die Niederschläge.

Regenwüchsige, trockenwüchsige und mittelwüchsige Pflanzen sind nicht in der Weise über die Erde hin verbreitet, daß sie geschlossene Bestände bilden, die nur aus regenwüchsigen usw. Pflanzen bestehen, vielmehr kommen sie nebeneinander vor. Immerhin gibt es doch Gebiete, in denen die eine oder andere Abteilung hauptsächlich verbreitet ist.

Hauptgebiete der Regenwuchspflanzen.

Die mit reichlichen und übermäßigen Niederschlägen gesegneten Wälder der heißen und warmen Gürtel enthalten die meisten von den Pflanzen, die keine Anpassung an trockene Zeiten aufweisen. Auch die regenfeindlichen Pflanzen, die Vorrichtungen zum Abfließen des Wassers haben, finden sich hier.

Allein auch sonst ist Regenwuchs verbreitet, und zwar bei den einjährigen Kräutern und bei den Stauden, die sich schnell entwickeln und nach der Samenreife auf ihren Wurzelstock zurückziehen. Selbst die trockensten, heißesten Wüsten haben eine solche kurzlebige „Regenflora“,

die alle paar Jahre einmal nach heftigen Niederschlägen erblüht. In den polaren und Hochgebirgsklimaten sind sonnige, warme und fenehte Stellen durch regenwüchsige „Blumengärten“ ausgezeichnet.

Hauptgebiete der Trockenwuchspflanzen:

Klimatische Hauptgebiete sind die heißen Wüsten und Salzsteppen wegen der Trockenheit, ferner die Polarländer und Hochgebirgsgürtel wegen der Kälte des Bodens und der Luft, wegen der Lufttrockenheit und der austrocknenden Winde. Örtliche Gebiete überwiegender Trockenwuchspflanzen sind alle Böden mit hohem Salzgehalt, wie am Meeresstrand, in Salzpfannen, an Solfataren und Salzquellen, sowie die sauren Humusböden auf Mooren, die humushaltigen Gewässer. Ausgesprochen trockenwüchsig sind ferner die Bewohner der Felsflächen, der Felspalten und vieler flachgründiger und deshalb stark austrocknender Böden, und dasselbe gilt für die Aufsitzer der trockeneren Wälder, deren Wurzeln frei die Äste umwickeln, und denen sonst keine Bodenfeuchtigkeit zur Verfügung steht. Auf stark durchlässigem Boden zeigt selbst in den feuchten Tropen der Baumwuchs so manche Zeichen der Trockenwüchsigkeit.

Die Verbreitung der Mittelwuchspflanzen.

Ihre Abgrenzung gegen die Regenwuchs- und Trockenwuchspflanzen kann nur recht willkürlich sein. Man rechnet zu den Mittelwuchspflanzen wohl alle Gewächse, deren Stamm und Äste trockenwüchsig, deren Blätter aber feuchtwüchsig sind, also unsere sommergrünen Bäume, Sträucher und Halbsträucher, die regengrünen Gehölze — Schimpers Tropicophyten — und alle Grassteppen. Auch von den immergrünen Bäumen und Sträuchern der tropisch-subtropischen Regenwälder sind viele entschieden mittelwüchsig.

Einige Gruppen haben eine eigenartige Stellung. So haben z. B. unsere Nadelhölzer — mit Ausnahme wohl der laubabwerfenden Lärchen — ausgesprochenen Trockenwuchs, dagegen eine an feuchtes Klima angepaßte Lebensweise.

Die immergrünen Hartlaubgehölze der Subtropen muß man wohl trockenwüchsig nennen; zweifelhaft dagegen kann man bei den regengrünen Dornbäumen und -büschen sein, die in vieler Hinsicht sich an die regengrünen Laubbäume anschließen.

Bei der Einteilung bleibt dem Gutdünken des Einzelnen eben freier Spielraum gelassen.

Wasserpflanzen.

Ein Teil der Wasserpflanzen — z. B. die Algen, Seegräser — sind echte Wassergewächse, ein anderer Teil aber Landpflanzen, die im Kampf ums Dasein ins Wasser gedrängt worden sind. Manche von ihnen können noch jederzeit zum Landleben zurückkehren, andere sind umgewandelt und an ausschließliches Wasserleben angepaßt.

Wegen der Abschwächung des Lichtes ist bei allen Wassergewächsen die Oberfläche gewaltig vergrößert, die Gefäßbündel liegen im Innern, die Chlorophyllgewebe außerhalb. Damit wird eine möglichst große Wirksamkeit der Lichtstrahlen ermöglicht. Um die Gase — Kohlensäure; Sauerstoff — aber auch das Wasser mit seinen gelösten Stoffen aufnehmen zu können, dient die vergrößerte Oberfläche. Die Haut — Cuticula — ist stark verdünnt, die Spaltöffnungen und Wurzeln aber als überflüssig nach Zahl und Größe verkleinert worden. Die Wurzeln sind nur Haftorgane.

Die über das Wasser ragenden Pflanzen verhalten sich natürlich wie Landpflanzen, wenigstens mit den aufragenden Teilen. In humushaltigem Wasser und auf Torf ist Trockenwuchs allgemein verbreitet.

Die Mithilfe des Wassers bei der Verbreitung von Samen sei noch kurz erwähnt. Meeresströmungen verfrachten die Samen und bringen sie zu fernen Inseln und Festländern. Manche Früchte sind auf solche Verfrachtung eingerichtet, indem sie Schwimmvorrichtungen besitzen — Schwimmblasen, Schwimmgewebe. Am bekanntesten ist wohl die Verbreitung der merkwürdig gestalteten Früchte der Seychellenpalme, *Laodicea*, durch die Meeresströmungen.

5. Der Wind.

Abgesehen von der austrocknenden Wirkung hat der Wind auch noch Bedeutung für die Gestaltung der Pflanzen. Er stört die Entwicklung der Bäume, verursacht krüppeligen, knorrigen Wuchs, er verbiegt die Stämme nach einer bestimmten Richtung, macht sie „windschief“. Solche Erscheinungen können im Landschaftsbild sehr bezeichnend sein (Abb. 29, 1). An Küsten und in sonstigen Gebieten mit häufigen starken Winden, die aus einer Richtung blasen, sind solche gebogene Bäume eine regelmäßige Erscheinung — Mistral Südfrankreichs, Bora Dalmatiens. Es erscheint aber, daß die dünnen, knorrigen, langsam wachsenden Steppenbäume sich nicht verbiegen lassen.

Sodann ist der Wind für die Verbreitung von Samen wichtig, die mit Flügeln, Federkronen u. a. versehen sind. Manche Gewächse blühen gerade zur Zeit lebhafter Winde — bei uns im Frühjahr — und vertrauen diesen die Bestäubung der Blüten an. Solche Windblütler haben wenig auffallende Blütenblätter, aber lange Kätzchen, die der Wind schütteln und zerzausen kann. Wichtig ist für die Pflanzen das Aufwirbeln und Umlagern von Staub, der nicht nur feine Erde, sondern auch reichlich Nährstoffe und Bakterien enthält. So findet eine natürliche Düngung des Bodens und eine Versorgung mit neuen Bakterien statt; der Wind arbeitet der Bodenmüdigkeit entgegen.

II. Einwirkungen des Bodens.

Das Klima wirkt über breite Flächen hin auf die Pflanzenwelt, der Boden mehr örtlich, wenn er auch zuweilen eine sehr große Ausdehnung besitzt. Man kann beim Boden zwei Arten der Einwirkung feststellen, die des festen Bodens selbst und die des Grundwassers.

1. Die Wirkung des festen Bodens.

Die Wirkung ist eine physikalische und chemische.

a) Die physikalische Wirkung.

Felsboden ist äußerst ungünstig. Auf glatten Felsflächen siedeln sich nur Flechten an, glasige Lavaströme lassen oft selbst diese Bewohner nicht zu. Erst wenn die Flechten etwas Verwitterungserde gebildet und Staub aufzufangen haben, kommen andere Pflanzen hinzu. Etwas besser steht es mit zerklüftetem Fels und Felstrümmern. Gehölzpflanzen, aber auch Kräuter und Stauden fassen dort Fuß und bilden Gesträuch und Triften. Die Gefahr der Austrocknung liegt indes immer noch nahe. Denn der Boden, in dem die Pflanzen wurzeln, besteht ja nur aus wenig Erde und Grus zwischen Steinen.

Rohboden ohne Humus.

Aufgeschütteter Boden aus Kies, Sand, Ton, Lehm, Kalkton usw. ist, wenn es sich um Rohboden handelt, bezüglich der Nahrungsstoffe für anspruchsvollere Kulturpflanzen stets ungünstig, allein entsprechend seinen physikalischen Eigenschaften weist er klarere Verhältnisse auf als der Verwitterungsboden.

Kies und Sand haben grobe Hohlräume, und deshalb fließt das Wasser schnell aus ihnen ab. Die von ihnen festgehaltene Menge ist gering, aber diese Bodenarten sind insofern den Pflanzen entgegenkommend, als sie an die Wurzeln abgeben, was sie haben.

Feinsande und noch mehr Tonböden sind wegen ihrer Feinkörnigkeit feinporig, lassen Wasser nur langsam abfließen, halten viel Wasser zurück; dieses könnte reichlich den Pflanzen zur Verfügung stehen, wenn diese Gesteine nicht unliebenswürdig wären und verhältnismäßig wenig von ihrem Reichtum abgeben würden.

Bezüglich der Durchlüftung, Erwärmung und Abkühlung verhalten sich Ton, bzw. Kies und Sand entgegengesetzt. Trockener Kies und Sand enthalten zwar an sich weniger Luft als Ton, allein die Bewegung, die durch Wind, Erwärmung und Eindringen des Wassers hervorgerufen wird, geht in jenen schneller als in diesen vor sich. Auch die Erwärmung und Abkühlung vollzieht sich bei Kies und Sand rascher, die Temperaturschwankungen sind größer und schneller als in Ton. In nassem Klima ist Ton kalt und naß und neigt zu Versumpfung unter Mangel an Sauerstoff, d. h. Bodenluft. In trockenem, heißem Klima zerspringt er, und die Risse können die Wurzeln schwer schädigen.

Wichtig ist bei leichtem Sandboden und schwerem Tonboden auch der Untergrund.

Leichter Boden über durchlässigem Untergrund — Schotter, Kies, klüftigem Fels — ist nur bei Übermaß an Wasser günstig. Bei undurchlässigem Untergrund kommt es auf die Mächtigkeit der Sandschicht an. Ist sie dünn, so kann bei reichlichem Niederschlag Versumpfung eintreten; bei mäßigem sind die Verhältnisse für seichtwurzelnende Gewächse günstig.

Bei tiefer Sandsicht und Dürren sind die Bedingungen für besonders tiefwurzelnende Pflanzen günstig, während seichtwurzelnende wegen des geringen kapillaren Aufsteigens der Nässe auf häufigen Regenfall angewiesen sind.

Tonboden auf schwer durchlässigem Untergrund ist gleichbedeutend mit einer mächtigen Tonschicht und bei Regenreichtum ungünstig, da Versumpfung eintreten kann. Bei Dürren und hohem Grundwasserstand dagegen wird aus tiefer liegendem Grundwasser Haarspaltenwasser aufsteigen und auch flachwurzelnenden Pflanzen zugute kommen. Baumwurzeln können auch aus größerer Tiefe Wasser heraufholen.

Schwerer Boden auf durchlässigem Untergrund ist bei Überfluß an Regen für Flachwurzler wegen des nach unten führenden Abflusses günstig. Für Gewächse dagegen, die auf das Grundwasser angewiesen sind, ist solche Lagerung ungünstig.

So sind mancherlei Zusammenstellungen möglich und in der Natur auch vorhanden.

Lehm steht als Mischung von Sand von verschiedener Korngröße und Ton zwischen beiden und weist für mittlere Niederschläge die günstigsten Bedingungen auf.

Kalkboden ist warm und trocken und steht ähnlich wie Lehm zwischen Ton und Sand. Bei Dürre wirkt er oft ungünstig, weil der unter ihm liegende Kalkstein meist klüftig und durchlässig ist.

Recht günstig sind auch die Mischungen von Sand, Ton, Kalk, also Mergel, Mergelsand, Sandmergel, Tonmergel.

La terit, der hauptsächlich aus zelligen, schlackigen Brauneisensteinkonglomerationen besteht, ist wegen seiner Durchlässigkeit im heißen, trockenen Klima äußerst ungünstig, ganz besonders über durchlässiger sandiger Roterde, weniger über schwer durchlässigem Rotlehm oder -ton.

Humusböden.

Rohböden werden durch Humus gewaltig verändert, allerdings in günstigem Sinn nur durch „milden“, d. h. neutralen Humus, nicht durch sauren Rohhumus.

Milder Humus mischt sich innig mit Sand, Lehm, Ton und bedingt Krümelstruktur, damit aber Auflockerung. Regenwürmer und andere wühlende Tiere sorgen für Lockerung und Durchlüftung. Schwerer Boden wird demnach durch Humus leichter, lockerer, wärmer, durchlässiger.

Umgekehrt macht er Sand bindiger; die wasserhaltende Kraft des Sandes wächst, und die Wärmeschwankung nimmt ab.

Kalk und Humus vertragen sich bekanntlich schlecht. Unter der Einwirkung des Kalkes wird der Humus schneller als sonst zersetzt; Kalkböden sind Humuszehrer. In physikalischer Hinsicht erfolgt bei Humusaufnahme eine Umwandlung in demselben Sinn wie bei Ton, d. h. er wird „leichter“.

Die günstigsten Eigenschaften des Lehmes werden durch Humusaufnahme noch besonders betont und ausgebildet.

b) Die chemische Wirkung.

Die Pflanze sucht dem Boden nicht bloß Wasser, sondern auch Nährstoffe zu entnehmen. Die Wurzeln sind imstande, im Wasser lösliche Salze der Alkalien, der alkalischen Erden, des Eisens aufzunehmen. Stickstoff, Kalium, Natrium, Kalzium, Magnesium, Eisen, Phosphor, Kieselsäure sind am wichtigsten. Die Wurzeln haben die Kraft, durch Abscheidung schwacher, organischer Säuren die Mineralien zu zersetzen und sich selbst Nährsalze zu schaffen. Allein dieser Vorgang verläuft langsam, und deshalb gedeihen auf Rohboden nach Zahl und Arten nur wenige Pflanzen. Erst wenn die Verwitterung der Mineralien durch Wasser, Kohlensäure u. a., die durch Bakterien, durch Pilze und bei der Vernichtung organischer Reste durch den Tierfraß entsteht, zu Hilfe kommt, sammeln sich reichlich lösliche Mineralstoffe und auch Humusstoffe an. Diese Humusstoffe werden langsam durch Pilze und Bakterien zersetzt und liefern den Wurzeln der höheren Pflanzen Kohlenstoff und Stickstoffverbindungen. So verbessert also Humus — milder, neutraler Humus — nicht bloß physikalisch, sondern auch chemisch die Bedingungen für die Entwicklung höherer Pflanzen.

Rohhumus freilich hat eine ganz andere Wirkung. Wenn der Waldboden austrocknet, die Würmer absterben oder auswandern, dann entsteht Humus über dem Mineralboden, und zwar in der Form des sauren, für Regenwasser schwer durchlässigen Rohhumus. Dann hindert diese Rohhumusschicht das Versickern des Wassers, und es beginnt auf dem kalten, nassen Boden eine Ansammlung von Zwergsträuchern, wie Heidekraut, Blaubeeren, Preiselbeeren u. a., durch die der Vorgang der Torfbildung beschleunigt wird. Gleichzeitig erfolgt durch Auslaugung der oberen und Abscheidung in tieferen Schichten schwerdurchlässiger Ortstein, und damit wird dem Wald die Möglichkeit, zu gedeihen, entzogen; er versumpft, stirbt ab und Zwergstrauchheide breitet sich aus.

Wo kaltes, nasses Klima mit reichlichem Schneesmelzwasser und Eisboden den Vorgang der Vertorfung und Ortsteinbildung begünstigt, — Waldgrenze gegen die Zwergstrauchheiden der Polargebiete — dringen diese waldfeindlichen Vorgänge immer mehr vor, und die Bilder des versumpfenden, absterbenden Waldes sind in Finnland z. B. in großartigem Maßstabe zu finden.

Fruchtbarkeit. Die Beurteilung eines Bodens bezüglich seiner Leistungsfähigkeit und Güte für die Pflanzen ist oft sehr schwer. Ganz

einfach liegen die Verhältnisse bei ausgelaugtem Boden, z. B. bei reinem Quarzsand, Bleichsand, Laterit mit Eisenschlacken. In diesen herrscht große Armut an löslichen Nährstoffen.

Auch Salzböden sind, wenn sie über 3% Salz enthalten, leicht zu beurteilen; ein solcher Salzgehalt tötet die meisten Pflanzen. Nur die saftstrotzenden, salzreichen Halophyten — Salzgewächse — können sich auf ihm halten.

In niederschlagswarmen Steppen mit wenig ausgewaschenen Böden, in denen aber keine schädliche Anreicherung von Salzen stattgefunden hat, sind Nährsalze gewöhnlich überreichlich enthalten, und es bedarf nur der Wasserzufuhr, um eine üppige Pflanzendecke hervor zu zaubern. Allerdings muß man vorsichtig sein und nicht durch künstliche Bewässerung den Grundwasserspiegel heben; dann blühen nämlich mitunter die im Grundwasser reichlich vorhandenen Salze, durch kapillare Ströme heraufbefördert, aus und verderben alles.

Schwierig ist namentlich die Beurteilung der Nährstoffe in mäßig ausgewaschenen und zersetzten Böden. Die Gesamtsumme an Kali, Phosphorsäure, Kalk, Stickstoff, Humus zu bestimmen, ist wohl möglich, allein unmöglich ist es, mit Sicherheit festzustellen, wieviel davon tatsächlich in löslicher Form den Pflanzen zur Verfügung steht. Denn durch die Verwitterung werden fortdauernd geringe Mengen von dem zur Verfügung stehenden Gesamtverrat gelöst. Auch die Wirkung der Humusstoffe läßt sich schwer beurteilen, weil die Ausnutzung dieser von der Arbeit der Pilze und Bakterien abhängt. Kulturversuche allein führen zum Ziel.

Die verschiedenen Pflanzen haben ein sehr verschiedenes Bedürfnis nach den verschiedenen Mineralstoffen. Manche sind für gewisse Pflanzen Gift, für andere Bedürfnis. Ein Zuviel schadet ebenso wie ein Zuwenig.

Reichtum an Salzen bedingt Trockenwuchs, namentlich bei den Salzpflanzen, die mancherlei Schutzvorrichtungen wie Saftgewebe und Schleimzellen, dicke Epidermis, geschützte Spaltöffnungen, Behaarung, Blattstellung parallel zu den Sonnenstrahlen aufweisen. Übrigens haben die richtigen Salzpflanzen auch Salz hunger und sind auf Salzboden angewiesen; auf salzarmem Boden erliegen sie im Kampf ums Dasein.

Kalk und Kieselsäure spielen für manche Pflanzen eine wichtige Rolle. Es gibt Pflanzen, die nur auf Silikatboden und andere, die nur auf Kalk gedeihen. Manche leben auf Kalk- und Silikatboden; allein es scheint, daß sie auf letzterem mit Vorliebe wachsen und ersteren nur gezwungen aufsuchen, wenn sie im Kampf ums Dasein auf dem ihnen am meisten zusagenden Boden unterliegen.

2. Die Wirkungen des Grundwassers im Boden.

Das in den Boden eingedrungene Grundwasser bildet häufig in geringer Tiefe Grundwasserschichten. Wenn die Wurzeln der Bäume bis in eine solche Schicht eindringen, so können sie eine ungewöhnliche, dem Klima nicht zukommende Entwicklung der Pflanzenwelt bewirken. Man denke an die Galeriewälder der tropischen Grassteppen und Savannen. Dieses Grundwasser können die Gehölze mit ihren langen Wurzeln ausnützen, und dasselbe ist in tiefem Sand der Fall, der in einiger Entfernung von der Oberfläche überall, selbst in Wüstensteppen und Wüsten, etwas feucht ist. Deshalb ist z. B. das Sandfeld der Kalahari im Bereich tiefen Sandes mit dichtem Busch und Buschwald bedeckt, trägt dagegen auf zerklüfteten Gesteinsfeldern Savannenwald, dagegen über dichtem, erdigem Kalk, der nahe an die Oberfläche herantritt, Grasflur. Das Warum ist klar: Der genannte, schwer zu durchdringende Kalk ist für die Entwicklung von tiefen Baumwurzeln nicht günstig.

Wenn das Grundwasser ganz nahe der Oberfläche liegt, z. B. in Senken und Tälern, so daß auch seichte Wurzeln es erreichen, dann können sich Wiesen und Riedflächen, bzw. Schilfsümpfe, Sumpfwald und -busch entwickeln. Damit erfolgt auch örtlich eine gewaltige Abänderung des gewöhnlichen Pflanzenkleides. Selbst in der Wüste, in Oasen, können Gehölze, z. B. Palmenwälder, entstehen. Bis zur Bildung von Schilfsümpfen und offenen Teichen ist es dann nur noch ein Schritt. Daß in Trockengebieten Versalzung eine Folge hohen Grundwasserstandes sein kann, wurde bereits erwähnt. An Gehängen können Quellen, die ja nicht selten in langen Quelllinien hervortreten, eine ganz abweichende Pflanzendecke erzeugen, z. B. Sumpfwiese, Moor, Sumpfwald.

3. Die Wirkung von Schneedecke und Eisböden.

Daß der Schnee für die Pflanzendecke wichtig ist, haben wir bereits gesehen. Er schützt sie vor der austrocknenden Wirkung des Windes bei Frost. Außerdem ist unter dem Schnee die Temperatur gleichmäßiger.

Bemerkenswert ist die Erscheinung, daß zur Zeit der Schneeschmelze unter der Schneedecke dicht am Boden eine Temperatur von einigen Graden über Null herrschen kann. Deshalb befindet sich zwischen Boden und Schnee oft eine Luftschicht. In dieser können in Polargebieten Kräuter und Stauden sich entwickeln. Die Wärmestrahlen dringen durch den Schnee und erwärmen den Boden. Kihlmann fand in Lappland unter dem Schnee eine Bodentemperatur von $+7^{\circ}$, auf schneefreien Stellen $+20^{\circ}$. Demnach beginnt das Pflanzenleben im Frühjahr schon unter dem Schnee. Ungünstig wirkt immerhin der Verbrauch an Wärme, der beim Schmelzen des Schnees eintritt. Schneereiche Länder haben einen verspäteten Frühling und abgekürzten Sommer. Das Schneeschmelzwasser ist freilich doch von unschätzbarem Wert für die Pflanzen; denn es speist in hohem Maße das Grundwasser und durchtränkt alle oberflächlichen Schichten. In den Steppen des Mittelgürtels z. B. wäre ohne die von dem Winter-Schmelzwasser gelieferte Bodenfeuchtigkeit der Kraut- und Graswuchs im Frühjahr undenkbar.

Ferner drückt der Schnee die Pflanzen zu Boden und die Ausbildung des Krummholzes, die ja so zweckmäßig für die Pflanzen ist, mag wesentlich durch die Schneelast begünstigt werden. Die schweren Schneeschäden der Bäume, deren Äste oder selbst Stämme umbrechen, sind bekannt.

Förderlich wirkt der Schnee als Bodenbildner. Er sammelt Staub aus der Luft, und beim Schmelzen wird ein feiner, fruchtbarer Boden abgelagert, besonders in Spalten, Furchen und Senken. Auf solchem Boden entwickeln sich dann bestimmte Pflanzen, die in der Schweiz den Namen „Schneetälchenflora“ erhalten haben.

Eisböden setzt die Bodentemperatur stark herab, bewirkt daher Behinderung der Wasseraufnahme und Trockenwuchs. Auch können die Wurzeln nicht in den Eisböden dringen; Baum- und Strauchwuchs werden also unmöglich. Wenn aber die auftauende Schicht mächtig wird, kann selbst auf sich bewegendem Gletschereis Nadelwald stehen, wie das in Alaska der Fall ist.

4. Die Wirkung von Bodenversetzungen.

Der Boden liegt nicht immer fest, er ist manchmal in Bewegung. Schnelle Rutschungen vernichten die Pflanzendecke, aber selbst der Bodenschub durch Frost in der Tundra kann Zwergbüsche überwälzen. Gegen solche Bewegungen entwickeln manche arktische Pflanzen eine dicke Pfahlwurzel: *Dryas* hat sich durch Sprießen neuer Triebe unter Abstoßung

alter an die Bewegungen angepaßt. Der Vieleckboden ist zuerst Botanikern aufgefallen, weil sich die Pflanzen gerade in den Rinnen und zwischen den Steinen ansiedeln. Wahrscheinlich herrscht dort die größte Ruhe im Boden, und dort ist wohl auch reichlich Bodenwasser zu finden.

Vor allem finden sich Anpassungen an Bewegungen des Bodens beim Flugsand. Manche Arten, wie der Strandhafer, sind mit ihrer ganzen Einrichtung auf fliegenden Sand angewiesen. Andere vertragen Sandverschüttung und treiben neue Sprossen auf die Oberfläche.

Indem ein Busch dieses häufig tut, entstehen Sandhügel, die einige Meter Höhe erreichen können. In Wüsten, Steppen, an Küsten mit Flugsand sind dieses „Kupsten“ bekannte Erscheinungen.

Andere wiederum breiten sich über dem Flugsand aus, legen ihn fest, ermöglichen damit aber die Ansiedlung anderer Pflanzen und werden dann von diesen zu Grunde gerichtet.

Daß durch Festhalten des Sandes Dünen entstehen, wurde schon früher besprochen, dsgleichen das Festhalten von Staub durch Steppengräser — Lößgebiete Chinas — und Zwergsträucher in der Karru und den algerischen Halfa- und Zwergstrauchsteppen.

Schließlich sei hier auch die Schlammansammlung durch Mangroven, sowie die durch *Salicornia* und *Festuca* an unseren Marschenküsten erwähnt. Durch sie entstehen unter Erhöhung des Bodens und Entwicklung neuer Pflanzen Strandwiesen und schließlich als künstliche Pflanzenvereine Marschwiesen.

So schaffen sich denn die Pflanzenvereine selbst Bedingungen, die zu ihrer Entwicklung günstig sind und erreichen eine gewisse Höhe, um dann von anderen Vereinen abgelöst zu werden.

Schließlich sei nochmals darauf hingewiesen, daß Stelzfüßigkeit der Bäume und Krümmung des Stammes auf Abhängen nicht auf Bodenverzerrungen zurückzuführen sind.

5. Die Wirkungen der Laubstreu.

Die abgefallenen Blätter, verwesenden Zweige, Äste, Stämme, die Moospolster, die den Boden der Wälder bedecken, haben für die Pflanzenwelt eine nicht unerhebliche Bedeutung.

Eimal gelangen die in jenen aufgespeicherten Mineralsalze wieder in den Boden. Sodann hält eine Laubstreu und Mooschicht den Boden feucht, schützt ihn vor der Austrocknung durch den Wind und erhält ihm die so überaus wichtige Bodentierwelt, wie Regenwürmer, Insekten usw., die durch Lieferung von Kot und durch das mechanische Wühlen den Boden fruchtbar und locker machen. Daß die Laubstreu auch mehr Feuchtigkeit festhält und für die Verwitterung mehr wichtige Stoffe liefert als kahler Boden, ist bekannt.

Der Verlust der Moos- und Streudecke hat schon so manches Mal ein Absterben der Würmer, und damit eine Abnahme der Bildung von neutralem, mildem Humus, dafür aber eine solche von Rohhumus zur Folge gehabt. Auf dem Rohhumus setzten sich Zwergstrauchheide und Torfmoose fest, die schließlich den Wald vernichteten.

III. Tierwelt und Pflanzengestaltung.

Auf die Beziehungen zwischen Tieren und Pflanzenwelt wird in dem Abschnitt über das Tier in der Landschaft ausführlich eingegangen werden. Hier sei nur kurz die Vielseitigkeit ihrer Einwirkung betont.

Es wurde bereits die Einwirkung auf die Bodenbildung durch Tierfraß und Wühlarbeit erwähnt. Sodann werden manche Früchte durch Tiere ver-

breitet, indem sie in dem Fell hängen bleiben und verschleppt werden. Viel wichtiger aber ist das Auffressen der Früchte, deren Samen keimfähig mit dem Kot abgeschieden werden. Wenn dann noch Mistkäfer die in Dünger eingebetteten Samen vergraben, so wird in der denkbar besten Weise von den Tieren für die Pflanzen gesorgt.

Auf einen Punkt sei noch hingewiesen, daß nämlich große Säugetiere, wie Elefanten, Rhinoceros, Flußpferd die harten Kerne mancher Früchte, besonders von Palmen, in die nasse Erde treten, so daß sie keimen können.

Sogar auf den Bau der Pflanzen haben Tiere gestaltend gewirkt. Nicht bloß sind ganz allgemein leuchtende und farbige Blüten ein Anlockungsmittel für Insekten, es gibt auch Blüten, die für ganz besondere Tiere eingerichtet sind, so für Kolibris und Honigsauger (Merops) sowie für bestimmte Schmetterlinge, Hummeln u. a. (Abb. 40).

Ameisen schützen manche Bäume des heißen Gürtels und dafür gewähren die Bäume diesen Tieren in besonders ausgebildeten Hohlräumen Unterkunft und durch besondere Vorrichtungen auch Nahrung.

Alle diese Einrichtungen, wie auch solche für den Fang von Insekten durch Blätter — *Dionaea* oder Venus-Fliegenfalle (Abb. 37) — und Blüten, machen sich in der Landschaft wenig bemerkbar — abgesehen von der Ausbildung auffallender Blüten — dagegen ist die Schädigung der Pflanzen durch Tiere, die zur Entlaubung, zum Absterben von Ästen, Bäumen, selbst ganzen Waldungen führen können, manchmal derartig umfangreich, daß sie für das Aussehen der Landschaft — mindestens vorübergehend — bestimmend wird.

Durch Abfressen der Rinde können Bäume und Sträucher durch größere Tiere schwer geschädigt werden. Das Elen z. B. ist ein übler Waldverwüster. In Parks fressen Hirsche und Rehe die unteren Äste der Baumkronen kahl, und daher sind diese unten gleichsam glatt abgeschnitten.

Ziegenherden verhindern die Umwandlung von Busch in Wald: die Hartlaubgebüsche der Mittelmeerländer sollen eine Folge des Ziegenfraßes sein. Termiten fressen unter einer Erdhülle die Rinde von Stamm und Zweigen ab, z. B. vom Kameldorn in der Kalahari.

Schließlich sei nochmals darauf aufmerksam gemacht, daß beständiges Abgrasen einer Wiese zu einer besonderen Ausbildung des Rasens führt; es entsteht der filzige, niedrige, mattenartige Rasen unserer Weiden, und dasjenige Gebiet, in dem solche Weiden am gewaltigsten entwickelt sind, ist wohl das der östlichen Prairien nahe dem Mississippi, das Millionen von Büffeln einst regelmäßig abgrast.



Abb. 40. Links westaustralischer Grasbaum (*Xanthorrhoea*), rechts langstielige Nachtfalterblüte von *Oxyanthus hirsutus*, $2\frac{1}{2}$ der natürlichen Größe (nach Schimper).

Kapitel II. Pflanzenvereine.

I. Allgemeine Gesichtspunkte.

Die Vereinigung von Lebensformen der Pflanzen an einem bestimmten Standort nennt man einen Pflanzenverein oder eine Pflanzenformation. Die Lebensformen solcher Pflanzenvereine bestehen aus bestimmten Pflanzenarten. Man findet nun, daß in verschiedenen Gegenden immer die gleichen Pflanzenarten zusammen leben und nennt solche gesetzmäßige Vereinigungen Association oder Vergesellschaftung. In der wissenschaftlichen Pflanzenkunde gibt man ihnen lateinische Namen, die sich auf die Hauptgattung beziehen und durch die Endung „etum“ gekennzeichnet sind. So ist ein Scirpetum eine bestimmte Vergesellschaftung, in der das Riedgras *Scirpus* die Hauptrolle spielt, Festucetum eine solche mit der Grasart *Festuca*. Der Arten-Name wird im Genetiv dem Assoziationsnamen beifügt, also z. B. *Scirpetum lacustris* — aus *Scirpus lacustris* bestehende Vergesellschaftung. *Fagetum* ist der Buchenwald, *Quercetum* der Eichenwald, *Ericetum* eine *Erica*-Association z. B. unsere „Heidekraut-Heide“. Wenn nicht reine Bestände, sondern Mischung mehrerer Hauptarten vorliegt, so wird das Wort *mixtum* hinzugefügt — *Coniferetum mixtum* — oder es werden die Hauptarten nebeneinander gesetzt: *Typho-Scirpetum* aus *Scirpus* und *Typha* bestehende Schilfvergesellschaftung.

Das Zusammenstehen der verschiedenen Gewächse ist kein zufälliges, sondern das Ergebnis eines rücksichtslosen Kampfes ums Dasein und gegenseitiger Anpassung.

Jede Pflanze steht in schwerem Kampf ums Dasein mit anderen Pflanzen. Dazu gehören nicht nur fremde Arten, sondern auch die nächsten Verwandten und die derselben Art. Im allgemeinen ist der Kampf am lebhaftesten zwischen solchen Gewächsen, die an den Standort ähnliche Anforderungen stellen. So werden alle Schattenpflanzen um den Schatten, alle Sonnenpflanzen um den Platz an der Sonne kämpfen; Bewohner der trockenen Heide und solche von Sümpfen stehen sich dagegen gleichgültig gegenüber. Innerhalb eines Standortes werden also alle Gewächse mit ähnlichen Lebensbedingungen miteinander ringen, und eine oder einige Formen sich behaupten. Die Sieger treten nun zu einer Gemeinschaft zusammen, um unter möglichster Vermeidung von Kampf die natürlichen Bedingungen des Standortes auszunutzen. Aber damit begnügt sich der Pflanzenverein nicht. Das Zusammenleben bedingt gegenseitige Anpassung, gegenseitige Unterstützung. Dabei fehlt es allerdings auch nicht an Kämpfen mit Störenfriedern. Ein solcher Pflanzenverein stellt also eine in sich und gegenüber der Außenwelt wohl geordnete Gemeinschaft vor, und da es sich bei dieser z. T. um eine gemeinschaftliche Ausnutzung der vorhandenen Nährstoffe handelt, so hat man von Kommensalismus — Tischgenossenschaftswesen — gesprochen.

Wie vermeiden nun die Tischgenossen den gegenseitigen Kampf? Das friedliche Zusammenleben wird durch Raum- und Zeitstaffelung bewirkt.

Zeitstaffelung erfolgt in der Weise, daß eine Pflanzengruppe bereits mit allen wichtigen Lebensäußerungen fertig ist, wenn eine andere an die Reihe kommt. So gibt es unter den Kräutern und Stauden Vorfrühlings-, Frühlings-, Sommer-, Spätsommer-, Herbstblüher. Selbst im Beginn des Winters blühen noch einzelne Arten. So nutzen sie an demselben Ort hintereinander den Boden, die Sonne, den Schatten, die Feuchtigkeit aus.

Unter Raumstaffelung sei die räumliche Ineinanderschachtelung verstanden. Einfach und klar ist die Raumstaffelung der oberirdischen

Achsen — Stamm und Krone — bei der Ausbildung der Stockwerke. Die Gewächse drängen und stoßen sich möglichst wenig; sie bauen sich übereinander auf. Ein Beispiel der Raumstaffelung ist auch die Ausbildung der Lianen und Aufsitzer. Wie der Zaunkönig auf dem Adler, so nehmen die Aufsitzer auf den Baumkronen Platz und erlangen so, was sie wollen: das Licht.

Nicht ohne weiteres sichtbar, aber nicht weniger wichtig ist die Raumstaffelung der Wurzeln, die verschieden tief liegen — Wurzelstaffelung. Machen wir uns den Aufbau der meisten Böden klar!

Oben liegt der humose Oberboden, durchwühlt von Wurzeln und Tieren; sowie reich an Pilzen und Bakterien, aber verhältnismäßig arm an mineralischen Nährstoffen. Der Unterboden ist ärmer an Humus und Lebewesen, aber reicher an Mineralsalzen. Auch die Verteilung der Feuchtigkeit ist verschieden. Der Oberboden ist der Austrocknung mehr ausgesetzt als der Unterboden und in einiger Tiefe befindet sich oft genug dauernd Grundwasser.

An diese Bedingungen passen sich nun die Pflanzen in verschiedener Weise an. Die einen wurzeln ganz flach, saugen die Feuchtigkeit nach Regen auf und sorgen durch Ausbildung einer Rasendecke für eine möglichst große Ansammlung jener. Die Bäume und Sträucher begünstigen ihre Entwicklung durch die Laubstreudecke und die Schicht abgefallener Zweige, Äste und Stämme.

Eine andere Abteilung der Tischgenossenschaft sitzt mit ihren Wurzeln und Wurzelstöcken etwas tiefer, vielleicht auch noch in dem Oberboden. Eine dritte Schicht geht noch tiefer hinab und sofort in mehreren Stock-

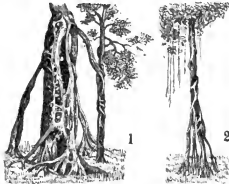


Abb. 41. Würger — *Ficus* — in der westafrikanischen Savanna (nach Pechnel-Lösche).

werken. Namentlich die großen Bäume wurzeln tief und holen einmal Wasser und Nährsalze herauf, sodann aber ankern sie tief im Boden und werden damit zu den mechanischen Stützen des ganzen Pflanzenvereins.

Eine solche Raumstaffelung vermeidet nicht nur den Kampf gegeneinander, sie schafft auch neue Lebensbedingungen. Denn durch sie wird eine gesetzmäßige Verteilung von Licht und Schatten erzielt, und demgemäß ordnen sich die Pflanzen nach dem Lichtbedürfnis ein. Es erfolgt oben drein ein Schutz gegen Wind und Austrocknung, wie er auf freiem Felde fehlt, und dieser Schutz führt zur Ansiedelung schutzbedürftiger Pflanzen.

Auch gemeinsame Arbeit wird geleistet, die der ganzen „Tischgenossenschaft“ zugute kommt, so der Schutz des Bodens gegen Verdunstung durch Rasenpflanzen, Blattabwurf, Beschattung.

So ganz gleichgültig stehen sich übrigens die Tischgenossen doch nicht gegenüber. Es gibt auch bei den Pflanzenvereinen Freunde und Feinde an der Tafel. Bereits das Klettern der Lianen und die Bedeckung mit Aufsitzern ist, wenn zu reichlich, für die Bäume schädlich, geradezu verderblich aber wirken Würger und Schmarotzer, die den Zellsaft aussaugen. (Abb. 41).

Am auffallendsten bringt der Anblick eines von einem Würger befallenen Baumes in den Tropen diesen Kampf zum Bewußtsein. Namentlich Fimoarten klettern an Stämmen empor, umwickeln und erdrücken

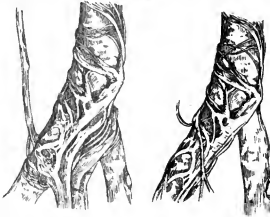


Abb. 42. Würger, der einen Baum umschlingt. Das Bild rechts ist ein Jahr später als das links aufgenommen worden, Wald bei Puerto Cabello (Venezuela).

sie, entsenden Luftwurzeln und lassen schließlich einen Säulenstamm entstehen. Von dem erwürgten Baum ist schließlich nichts mehr zu sehen. Abb. 42 zeigt das schnelle Wachstum eines solchen Würgers im Laufe eines Jahres!

Andererseits verhelfen Pilze und Bakterien, die an den Wurzeln höherer Pflanzen sitzen, diesen zur Aufnahme von Stickstoff; ohne jene können sie nicht bestehen. Die Bodenmüdigkeit beruht z. T. wohl auf einem Versagen der Wurzelpilze, und man hat daher zuweilen durch Impfung der Erde im Bereich der Wurzeln alten Bäumen, die auszugehen drohten, zu helfen gesucht.

Kampf der Pflanzenvereine gegeneinander. Nicht nur die einzelnen Pflanzen kämpfen miteinander, auch die Pflanzenvereine suchen sich auf Kosten der Nachbarn auszubreiten.

In vielen Fällen dringen bestimmte Arten ganz augenscheinlich siegreich vor, so die Fichte in Schweden gegen Süden, in Norddeutschland gegen Westen. Sie verdrängt die Kiefer, weil sie genügsamer ist und in ihrem tiefen Schatten nichts aufkommt. Die Eiche ist in Mittel- und Osteuropa seit der Diluvialzeit durch die Buche verdrängt worden, die ähnlich der Fichte angreifende Kraft besitzt und in Südschweden mit der Fichte kämpft.

Aber auch innerhalb der bestehenden Pflanzenvereine ist oft genug im Laufe der Jahre ein Wechsel der Bodenkräuter und Sträucher festgestellt worden. Besonders auffallend ist, daß die Kiefer häufig nur 2—3 Geschlechter aushält; dann stirbt sie ab und anderer Wald entwickelt sich. Die Kiefer und andre Gewächse zeigen „Bodenmüdigkeit“. Die Ursachen sind nicht bekannt. Ob die Gewächse selbst Stoffwechselerzeugnisse ausscheiden, die ihnen giftig werden, oder ob die Bakterien sich ändern, man weiß es nicht.

Wenn Neuland entsteht — auftauchendes Schweinland, wie Saubänke, trockengelegte Schlammflächen, oder junge vulkanische Aufschüttungen und Ergüsse, oder Freilegung von Erdreich durch Rutschungen und Bergstürze —, so wird dieses meist in wenigen Jahren besiedelt. Gewöhnlich sind Flechten und Moose sowie Kräuter die ersten Ansiedler, später folgt Gebüsch und dann Wald.

Klimaänderungen seit der Diluvialzeit sind wahrscheinlich für erhebliche Veränderungen des Waldkleides in Dänemark und Südschweden verantwortlich zu machen. Allein unzweifelhafte Beweise fehlen, und seit historischen Zeiten ist durch das Eingreifen des Menschen das ursprüngliche Bild sehr getrübt worden.

Dieses Eingreifen des Menschen hat in unseren Gegenden im Walde bedeutend gewirkt — ganz abgesehen von der Ausbreitung des Kulturlandes. Durch den Forstbetrieb hat man die Wälder gelichtet und damit ganz neue Lebensbedingungen geschaffen. Unterholz und Bodenkräuter haben sich geändert, und infolge der Begünstigung bestimmter Bäume sind reine Bestände von Buchen, Fichten, Kiefern entstanden.

In NW-Deutschland und Dänemark haben sich auf nährstoffarmem Sandboden ganz gewaltige Umwälzungen vollzogen. Durch Lichten und Fällen der Bäume trocknete der Boden aus, entstand Rohhumus, drang das Heidekraut ein und vernichtete den Wald. Diesen Kampf zwischen Wald und Heide, der mit der Verdrängung des Waldes endet, kann man in der Lüneburger Heide nicht selten beobachten.

In anderen Fällen werden durch Tieferlegung des Grundwassers — Kanalbau, Gräben — ganz neue Bedingungen geschaffen. Nasses Wiesenmoor verwandelt sich in trockene Wiese, in Gebüsch, in Wald. Wälder aber können absterben oder ein Wechsel der Baumarten tritt ein.

Anstauung des Grundwassers durch Dämme oder auch auf natürlichem Wege durch Bergsturz oder Wanderdünen u. a., kann einen Wald in Sumpfwiese oder Sumpfwald umwandeln. Durch ihre Bauten sollen Biber früher ähnliche Umgestaltungen bewirkt haben.

In allen Waldgegenden, besonders aber in den Tropen und Subtropen, spielen Waldbrände eine große Rolle. Wald wird durch sein Kulturland verwandelt. Wenn nach wenigen Jahren das Land sich selbst überlassen bleibt, so wird es zuerst von hohem Gras eingenommen; dann folgen sonnenliebende Schirmbäume, in deren Schatten neue Bäume und Sträucher sich entwickeln. So entsteht unter Verdrängung des Grasses ein dichter Buschwald. Sind die Niederschläge hoch genug, so kann sich Hochwald aufs neue bilden.

Wenn nun aber wegen der Viehzucht das Gras regelmäßig abgebrannt wird, so wird unter dem Einfluß der Brände und der Sonnenglut der Boden ganz verändert. Seine Tierwelt, seine Pilz- und Bakterienflora sterben ab, andere wandern ein, und dann kommt der Wald nicht so schnell wieder. Grassteppen und Baumsavannen treten oft dauernd an seine Stelle. Waldinseln bleiben wohl erhalten und lassen die Parklandschaft entstehen. Ausgedehnte Savannen Afrikas und Südamerikas waren früher Wald, sei es

Regenwald, sei es regengrüner Hochwald — Monsunwald — und die scharfe Grenze zwischen Grasland und Urwald an den Tafelrändern Kameruns ist wohl künstlichen Ursprungs und wird künstlich erhalten.

Auf die Bedeutung der Tiere, namentlich das Abweiden der Steppen, das zur Mattenbildung führt, auf das Abfressen der Bäume durch Ziegen, das Gestrüppbildung veranlaßt, und wobei der Mensch durch Abhauen der größeren Bäume das Seinige beiträgt, wurde schon hingewiesen.

Die Pflanzenvereine stellen sich also als eine keineswegs feste und unveränderliche, sondern als wandelbare und manchmal sogar rasch wandelbare Einrichtungen dar. Allerdings ist es fraglich, ob diese Anschauung für alle Länder zutrifft. Vieles spricht dafür, daß gerade in den von der diluvialen Eiszeit betroffenen Ländern noch recht unbeständige Verhältnisse herrschen. Der Verwitterungsboden ist jung und Wanderungen der Pflanzen im Anschluß an Klimaschwankungen dürften im Laufe der Alluvialzeit wiederholt erfolgt sein. Daher vielleicht der unbeständige Zug in dem Wesen unserer Pflanzenvereine. Vielleicht ist das anderswo — z. B. in den Tropen — anders.

Englische Forscher unterscheiden in dem nördlichen Mittelgürtel „migratory formations“ und „stable formations“. Zu den „Schlußformationen“, die einen Gleichgewichtszustand aufweisen, rechnet Hult:

1. Kiefernwälder auf trockenem Sand, auf Moränenboden mit Geschieben und Torfboden.
2. Fichtenwälder auf wenig mächtigen Strandmooren.
3. Birkenwälder mit *Betula pubescens* auf tieferen Mooren und Wiesenmooren.
4. Die Haintälehenformation an Flüssen und Quellen.
5. Dorngebüsch auf den wärmsten, trockenen Stellen.
6. Buchenwälder auf jedem anderen Boden.

Alle übrigen verwandeln sich allmählich, selbst die Felsformationen, bis eine Waldvegetation sie abschließt.

II. Lebensformen.

Folgende Lebensformen setzen die Pflanzenvereine zusammen.

A. Dauergewächse.

Die Pflanzen, die mit oberirdischen sichtbaren Teilen die Vegetationszeit überdauern, lassen sich in 2 Gruppen teilen: immergrüne und wechselgrüne Dauergewächse.

1. Immergrüne Dauergewächse.

Diese zerfallen nach der Art der Blätter und nach Lebensformen in folgende Abteilungen:

mit Feuchtwuchs.

- a) Immergrüne Weichlaubgehölze und Halbsträucher.
- b) Immergrüne weichblättrige Wiesengräser.

mit Trockenwuchs.

- a) Immergrüne Hartlaubgehölze und Hartlaubhalbsträucher.
- b) Immergrüne Saftgehölze und Stauden.
- c) Immergrüne Nadelhölzer.
- d) Immergrüne harte und stachelige Steppengräser.
- e) Moose und Flechten.

2. Wechselgrüne Dauergewächse.

- a) Regengrüne Laubgehölze und Halbsträucher.
- b) Regengrüne Dorngehölze und dornige Halbsträucher.
- c) Sommergrüne Laubgehölze und Halbsträucher.
- d) Sommergrüne Nadelhölzer.
- e) Sommergrüne Stoppengräser.
- f) Sommergrüne Schilf- und Wiesengräser.

B. Jahreszeitpflanzen.

Viele Pflanzen sind an eine bestimmte Jahreszeit gebunden, in der sie keimen, sprossen, blühen und Früchte reifen. Dann sterben sie ab, vertrocknen, zerfallen, verschwinden. Je nach der Art der Jahreszeit kann man unterscheiden: 1. Regenpflanzen, 2. Wärmepflanzen.

Erstere entwickeln sich in der Regenzeit, letztere in der warmen Zeit. Je nachdem die Pflanzen im Beginn oder am Ende der günstigen Zeit sich entwickeln, kann man bei uns von Vorfrühlingspflanzen (Schneeglöckchen, Tausendschön), Frühlingspflanzen (Waldanemone), Sommerpflanzen (Weidenröschen, Königskecke u. a.) Spätsommerpflanzen (Herbstzeitlose) und von Herbstpflanzen sprechen.

In den Sommerregen-Tropen hat man in Gegenden mit einheitlicher Regenzeit Frühlingspflanzen und Spätsommerpflanzen. Bei doppelter Regenzeit gibt es solche der Frühlingsregen, der Kleinen Trockenzeit und der Spätsommerregen. In heißen Gebieten mit gleichmäßigen Niederschlägen blühen dagegen jederzeit irgendwelche Pflanzen.

Diese Einteilung wird den wissenschaftlichen Botaniker wohl nicht befriedigen, allein für die Landschaftskunde ist sie wohl zweckmäßig. Auch der anatomische Bau und die Lebensweise bringt sie zum Ausdruck. Denn man kann aus der Aufstellung ohne weiteres ersehen, ob eine Abteilung trockenwüchsig, feuchtwüchsig oder wechselwüchsig ist. Die Jahreszeitpflanzen sind alle feuchtwüchsig, die wechselgrünen Dauerpflanzen alle mehr oder weniger trockenwüchsig und die immergrünen Dauerpflanzen z. T. feuchtwüchsig, z. T. trockenwüchsig. Es handelt sich also um eine Gliederung, die keineswegs nur äußerliche Merkmale folgt, vielmehr an anatomischen Bau und Lebensäußerungen anknüpft.

III. Die Gliederung der Pflanzenvereine.

A. Allgemeine Bedingungen.

Die Lebensformen der Pflanzen hängen von dem Klima und vom Boden ab, demgemäß werden diese Einflüsse auch für die Pflanzenvereine maßgebend sein. Fassen wir aber zunächst einmal die Art und Weise ins Auge, wie das Klima wirkt.

Zwei Arten klimatischer Einwirkung haben wir zu unterscheiden. Die erste Art ist allgemeiner Natur. Innerhalb eines Klimagebietes verhalten sich Temperatur, Luftdruck, Winde, Niederschläge im großen Ganzen ähnlich. Demgemäß wird auch eine Beeinflussung der Pflanzendecke in großen Zügen stattfinden.

Allein neben diesem allgemeinen Klima wirkt auch das Ortsklima. Dieses ist oft auf eng begrenzte Räume beschränkt und hängt einmal von der Oberflächengestaltung, sodann von den Pflanzen der Umgebung, von der Bestrahlung durch die Sonne, von der Benetzung durch den Regen, von dem Zutritt oder der Absperrung des Windes ab. Eine Kuppe hat ein anderes Ortsklima als die umliegende Ebene, und diese wiederum ein anderes Klima

als eine eng eingeschnittene Schlucht. Denn alle drei erhalten verschiedene Bestrahlung, verschiedene Benetzung durch Tau, Regen, Schnee; verschieden stark sind die Winde. Unterschiede in der Pflanzendecke müssen die ortsklimatischen Gegensätze verstärken oder abschwächen. Ist z. B. eine Schlucht in der Grassteppe von austrocknenden Winden nicht durchweht, von der Sonne nicht beschienen und obendrein im Gegensatz zur grasigen Ebene bewaldet, so muß der Gegensatz zwischen der Ortstemperatur und -feuchtigkeit sich steigern. Diese Hinweise werden genügen, um auf die Wichtigkeit des Ortsklimas aufmerksam zu machen.

Das Ortsklima ist aber gerade für die Pflanzen wichtig, die Beschaffenheit des „Standortes“ hängt wesentlich vom Ortsklima ab.

Neben dem Ortsklima ist für die Pflanzenvereine der Boden entsprechend seiner physikalischen und chemischen Beschaffenheit und ferner das Grundwasser in ihm wichtig.

Es ist leicht verständlich, daß man demnach hinsichtlich der Pflanzenvereine zwei Formen unterscheiden muß.

1. Große, dem allgemeinen Klima angepaßte Gruppen.

2. Dem Ortsklima und Boden angepaßte engere Pflanzenvereine.

Die zu 1 gehörigen Gruppen seien klimatische Pflanzenvereine, die zu 2 gehörigen aber örtliche Pflanzenvereine oder Ortsvereine genannt.

Die klimatischen Pflanzenvereine gliedern sich nun noch in 2 Unterabteilungen; denn das allgemeine Klima kann einmal von der Lage auf der Erdoberfläche, sodann von der Meereshöhe abhängen. Man kann demnach Flächengürtel und Höhenstufen von Pflanzenvereinen unterscheiden.

Beide stehen übrigens nicht gleichgeordnet nebeneinander, denn die Höhenstufen sitzen einem Flächengürtel auf und sind von ihm abhängig. So sind in den Tropen andere Höhenstufen entwickelt als in den Mittellgürteln.

Beide aber — Höhenstufen und Flächengürtel — besitzen Ortsvereine, die auf Verschiedenheiten der Oberflächenform, der Bodenbeschaffenheit und der Grundwasserverhältnisse beruhen.

Die Aufgabe besteht also darin, zunächst die großen klimatischen Pflanzengürtel festzulegen, in diesen die nach Flächen und Höhen angeordneten Pflanzengebiete und schließlich innerhalb der Flächen- und Höhengebiete die Ortsvereine zu bestimmen.

Die drei großen Gruppen der Pflanzenvereine.

Drei große Gruppen der Pflanzendecke, die sich unter dem Einfluß des Klimas entwickeln, lassen sich erkennen. Die eine steht unter dem vorherrschenden Einfluß der Kälte mit allen Nebenerscheinungen der Einwirkung von Austrocknung, Sonnenstrahlung usw. In den von der Kälte beherrschten Gebieten gibt es bezüglich der Gehölze nur verkrüppelte Formen — Kältekrüppel.

Auf dem zweiten Gebiet lastet das Joch der Dürre. Zur Entwicklung von Strüchern und Bäumen, genügen die Niederschläge nicht, wohl aber die Wärme, die oft sogar übermäßig wird — Dürrekrüppel.

In dem dritten Gebiet sind Temperatur und Niederschläge ausreichend, um Gehölze, Grasland und deren Mischformen entstehen zu lassen. Je nach der Höhe der Niederschläge und Temperatur und deren jahreszeitlicher Verteilung sind die Pflanzenvereine bald so, bald so mit mehr oder weniger Üppigkeit ausgebildet — Gehölz- und Grasland-Vereine.

Das erste Gebiet umfaßt die polaren Länder außerhalb der Waldgrenze; das zweite die großen tropisch-subtropisch und gemäßigten Zwerg- und Halbstrauchsteppen und Wüsten. Alles dazwischen liegende Land gehört zu den Gehölz- und Grasland-Vereinen.

Innerhalb jeder der 3 Hauptflächengürtel liegen nun auf den Gebirgen die Höhenstufen. Auch die wachsende Meereshöhe übt einen verkümmern den Einfluß auf die Pflanzen aus. Wald kommt schließlich nicht mehr fort, und so entstehen verkümmerte Lebensformen und Vereine — Höhenkrüppel.

Schimper teilt die Höhenstufen — er nennt sie „Regionen“ — in die basale, montane und alpine Region ein, die verschiedene Vereine tragen. Das Wort „alpin“ ist in vorliegender Schrift bereits anders angewandt, bezeichnet nämlich die Lage über 3000 m Meereshöhe. Nach internationaler Abmachung wollen die Botaniker die Aufeinanderfolge der Pflanzenvereine in einem Gebirge als „Stufe“ bezeichnen und demgemäß sei hier von Fußstufe, Höhenwaldstufe und Krüppelholzstufe gesprochen. Die Meereshöhe dieser 3 Stufen schwankt ganz beträchtlich, je nach der geographischen Breite und nach der Höhe der Niederschläge des Gebietes. Die Krüppelholzstufe hat jedenfalls nur in den Tropen „alpine Höhe“, in höheren Breiten beginnt sie in tieferer Lage.

Gehölz- und Grasflurklima.

Auf dem größten Teil der Erdoberfläche spielen Gehölze und Grasfluren die Hauptrolle, und diese müssen wir nun näher betrachten.

Wie Schimper mit großer Klarheit ausgeführt hat, sind die klimatischen Ansprüche der Gehölze und Grasfluren in vieler Beziehung entgegengesetzt. Er unterscheidet ein ausgesprochenes Gehölzklima und ein Grasflurklima.

Die Ansprüche der Gehölze. Die Bäume und Sträucher stellen an die Wasserversorgung große Ansprüche. Sie verdunsten viel Feuchtigkeit und ersetzen den Verlust durch Aufnahme mit Hilfe der Blätter und Wurzeln. Das Wurzelwerk kann tief hinabgehen, und demgemäß spielen die Grundwasservorräte für die Versorgung der Gehölze eine größere Rolle als die unmittelbaren Niederschläge. In unseren Breiten z. B. sind es die Schneeschmelzwasser und Winterregen, die den Wald im Sommer versorgen. Demgemäß sind die Gehölze nicht notwendigerweise klimatische Vereine. Wo nämlich das Grundwasser aus anderen Gegenden stammt, können Gehölze unabhängig von dem Klima der Umgebung gedeihen — Oasen der Wüsten, Galeriewald. Meist jedoch stammt das Wasser aus den örtlichen Niederschlägen, und dann fallen beide Begriffe zusammen.

Die Temperatur des Landes ist wichtig; denn je höher sie ist, um so stärker ist die Verdunstung und das Bedürfnis nach Wasser. Auch der Wind ist bedeutsam; heiße, trockene Winde — Passate —, aber auch kalte — Mistral, Bora, Burane — können den Baumwuchs geradezu verhindern.

Wird die Wasserversorgung ungenügend, so beginnt Verkrüppelung. Bäume verwandeln sich in Krummholz und Zwergbäume, Gebüsch in Gestrüpp und Zwerggesträuch. Demgemäß kann man sagen:

Gehölzfeindlich sind: geringe Niederschläge bei Wärme, Mangel an Grundwasser, trockene, heiße oder kalte Winde.

Gehölzgünstig sind: hohe Niederschläge bei Wärme, mäßige Niederschläge bei kühler Temperatur, feuchte ruhige Luft, Grundwasser.

Die Ansprüche der Grasflur. Die Gräser wurzeln seicht, sie sind daher auf den Regenfall, oder auf ganz oberflächliche Feuchtigkeit angewiesen. Ihre Entwicklungszeit ist kurz, d. h. die treiben schnell Sprossen, Blätter, Blüten, Samen. Während dieser Zeit müssen sie Regen haben und zwar häufige Regen, die nicht stark zu sein brauchen, aber doch ober-

flächlich den Boden anfeuchten. Sie lieben Wärme, vertragen während der Entwicklungszeit aber nicht starke Hitze von über 30° C.

Nach dem Abblühen braucht das Gras nicht mehr Regen, auch heiße trockene Winde sind ihm gleichgültig; denn es zieht sich auf seine Wurzeln zurück, während die Halme und Blätter vertrocknen.

Die Entwicklungszeit der Gräser fällt in dem heißen Gürtel in die erste Hälfte der Regenzeit = Fröhsommerregen. Wenn diese häufig sind, den Boden feucht kalten und die Hitze unter 30° bleibt, so ist das Klima ein günstiges Grasflurklima. Wenn dagegen der Fröhsommer regenarm, heiß und von Dürren unterbrochen ist, so ist das Klima grasflurfeindlich.

Gehölz und Grasflur stehen gegen einander in heftigem Streit. Je nachdem das Klima mehr das Gras oder den Baumwuchs begünstigt, siegt dieser oder jenes. Man kann wohl folgende Regel aufstellen:

1. Bei baumfeindlichem Klima und Fröhsommerregen siegt die Grasflur; nur örtlich kann Grundwasser zur Ausbildung von Gehölzen führen.
2. Trockene Fröhsommer führen zum Sieg des Gehölzes.
3. Wenn das Klima Gehölze und Grasfluren zuläßt, entwickeln sich beide und zwar werden der Boden und das Grundwasser ausschlaggebend. Über Grundwasser gedeiht Wald, über nur oberflächlich feuchtem Boden dagegen die Grasflur.

Aus obigen Ausführungen geht hervor, daß man zwei Arten von Gehölzen unterscheiden kann: Regenwald und Grundwasserwald. Der Regenwald ist auf die Niederschläge angewiesen und ein klimatischer Pflanzenverein: der Grundwasserwald kann selbst in einer Wüste stehen — Oasenwälder — wenn die Wurzeln bis in das Grundwasser reichen, ist demnach ein Ortsverein.

B. Die Hauptgruppen der Pflanzenvereine.

Die Pflanzendecke zerfällt nach dem oben Gesagten in 3 große Gebiete mit grundsätzlich verschiedenen Lebensformen. Es sind das die Polarländer mit Kältekrüppeln, die Wüsten und Salzsteppen mit Dürrekrüppeln und der Rest der Landflächen mit Gehölzen und Grasfluren. Gegliedert werden diese 3 Hauptgebiete durch Höhenstufen und Ortsvereine.

Die Lage dieser 3 Hauptgruppen zueinander ist nun keine einfache, sondern eine namentlich bezüglich der Trockengebiete verwickelte. Diese werden nämlich von den Gebieten mit Gehölzen und Grasland umschlossen, dringen in sie ein und werden von ihnen durchdrungen. Deshalb ist es vom landschaftskundlichen Standpunkte aus zweckmäßiger, folgende Gruppierung vorzunehmen.

1. Die tropischen Pflanzenvereine.
2. Die subtropischen Pflanzenvereine.
3. Die Pflanzenvereine der Mittellgürtel.
4. Die Pflanzenvereine der Trockengebiete.
5. Die polaren Pflanzenvereine.

Mit den tropischen Pflanzenvereinen werden hier die des Subtropengürtels vereinigt, soweit sie Sommerregen erhalten und demnach eine der tropischen ganz ähnliche Pflanzendecke haben. Dagegen werden die immerfeuchten Subtropen mit den winterfeuchten zusammen besprochen werden.

I. Die tropischen Pflanzenvereine.

Allgemeiner klimatischer Gesichtspunkt.

Der Tropengürtel ist, wie früher bereits besprochen, durch folgende klimatische Erscheinungen ausgezeichnet.

Die Temperatur ist hoch und auffallend gleichmäßig: der Unterschied zwischen Tag und Nacht ist meist größer als der zwischen den Jahreszeiten. Auf Hochflächen, im Innern der Erdteile und nach den Subtropen zu wachsen die Schwankungen. Die heißeste Zeit liegt oft vor dem Beginn der Regen.

Luftfeuchtigkeit und Bewölkung hängen zeitlich und nach Umfang von den Niederschlägen ab.

Die Niederschläge sind dicht und oft gewaltsam, nicht selten an Gewitterstürme gebunden. Die jährliche Menge schwankt zwischen 400 und 12 000 mm. Bei 600 mm ungefähr beginnen in dem warmen Gürtel die Trockengebiete, die sich bis zum Gleichator erstrecken können. Köppen macht die Grenze der Trockengebiete von dem Verhältnis zwischen Temperatur und Regenmenge nach der früher besprochenen Aufstellung abhängig:

Temp.	25°	20°	15°	10°	5	0	—5° t
Regen	70	60	50	40	30	20	10 cm

Die jahreszeitliche Verteilung ist folgende.

Die Passate und der Landmonsun wehen während der Trockenzeit im Winter. Der Wanderung der Sonne folgen die Regen mit Windstillen und Gewitterstürmen nach. Deshalb haben die gegen die Subtropen hin gelegenen Gebiete im wesentlichen einheitliche Sommerregen, dagegen weisen zu beiden Seiten des Gleichators manche Gebiete eine doppelte Regenzeit auf. Für die Pflanzenwelt ist das wichtig. In Monsungebieten — Ostafrika, Indien, Ostasien, Nordaustralien — ist die Sommerregenzeit gut ausgeprägt, es sei denn, daß besondere Verhältnisse herrschen, indem auf Inseln beide Monsunregen bringen. Auch der Passat kann, wenn er in ein Land weht, Regen bringen (südliches Ostafrika).

Die Pflanzenvereine der tropischen Regengürtel.

In den heißen Tropen erhalten verschiedene Gebiete verschieden starke Niederschläge, und demgemäß ist auch die Pflanzendecke verschieden ausgebildet. Zwei Hauptgebiete sind zu unterscheiden: Waldgebiete und Steppengebiete. Die Waldgebiete erhalten höhere Niederschläge als die Steppen, allein neben den allgemeinen klimatischen Einflüssen spielen die örtlichen Einflüsse bei der Verteilung der verschiedenen Vereine eine große Rolle. Dazu kommen die Eingriffe des Menschen mit Waldvernichtung und Grasbränden. Man ist also häufig nicht imstande zu sagen, auf welche Ursachen die oft genug recht verwickelte Anordnung der verschiedenen Vereine zurückzuführen ist.

1. Die Waldgebiete.

Unter diesen Begriff fallen alle hier hauptsächlich aus Bäumen und Sträuchern bestehenden Hochwäldungen. Die Bäume sind hochstämmig, mit breiten Kronen versehen, nicht aber niedrig, krüppelig, obstbaumartig, und stehen dicht, geschlossen wie in unseren Wäldungen. Alle niedrigen Buschwälder und Steppenwälder bzw. alle Gebüschvereine sollen in die Steppengebiete eingereiht werden, ebenso die Parklandschaften.

Die Wälder zerfallen in zwei Gruppen, den immergrünen Regenwald und den regengrünen Wald, der in Gebieten mit Monsunen auch „Monsunwald“ heißt.

a) Die immergrünen Regenwälder.

Die immergrünen Regenwälder der Tropen sind die großartigste Leistung der Pflanzenwelt auf unserem Erdball. Hohe Wärme und reichste Niederschläge vereinigen sich, um sie entstehen zu lassen.

Der tropische Regenwald in höchster Ausbildung besitzt eine Höhe von

30—40 m und baut sich aus 5 und mehr Stockwerken auf. Die Bäume streben mit gewaltigen Stämmen nach oben, ihre Rinde ist schwach entwickelt, ohne Schuppen, dagegen sind oft gewaltig die Strebepfeiler oder Planken der Stämme (Abb. 28,3). Die Kronen sind länglich, eiförmig nach oben gezogen, wenig verzweigt, die Blätter sind groß, dünn und oft mit Vorrichtungen gegen übermäßigen Regenfall versehen. Stamm- und Astblütigkeit ist verbreitet (Abb. 30,1). Auf starken Ästen hat nicht nur ein Heer von Aufsitzern Platz gefunden, sondern selbst kleine Bäume sind auf je einen angesiedelt, deren Kronen, selbst wieder mit Epiphyten und Schmarotzern bedeckt, einen Wald über dem Wald bilden. Unter den hohen Kronen stehen niedrigere Schattenbäume und darunter wiederum Gebüsch, Bodensträucher und Bodenkräuter. Alles aber wird von einem Gewirr von Lianen, Luftwurzeln, Kletterpalmen durchzogen. Manchmal aber ist ein Hallenwald mit freiem Boden und wenig Unterholz entwickelt. Der Artenreichtum ist groß; fast jeder Baum gehört einer anderen Art als der Nachbar an, und demgemäß ist das Aussehen der Oberfläche des Waldes auffallend gefleckt und unruhig, weil die Kronen verschieden hoch und gefährdet sind. Nimmt man dazu die Blütenpracht der Bäume, Lianen, Epiphyten, die alle zum Licht streben, so wird man den überwältigenden, fremdartigen Eindruck eines solchen Waldes verstehen können.

Alles im tropischen Regenwald ist auf Abwehr von Nässe eingerichtet. Im Waldesdunkel ist es immer feuchtheiß, stickig wie im Treibhaus, nur die Gewächse, die bis zur Oberfläche des Laubdaches reichen, sind auch an vorübergehende Regenlosigkeit angepaßt, namentlich die Aufsitzer mit ihren bloßen Wurzeln.

Die immergrünen Regenwälder finden sich nur in den regenreichsten Gebieten der Tropen, auf den Sunda-Inseln und in Melanesien, in NO-Australien, in Teilen von Vorderindien, Hinterindien, Westafrika, Süd- und Mittelamerika. Als untere Grenze des Niederschlages hat man 1800—2000 mm anzunehmen. Allein es gibt Gebiete mit weniger als 1800 mm, wo doch tropischer Urwald wächst — dann sind es wohl meist Grundwasserswälder oder es fehlt jede Trockenzeit — und umgekehrt der Wald fehlt trotz eines Niederschlages von über 2000 mm — dann ist Höhenlage oder tiefgründiger, durchlässiger Boden oder der Mensch mit seinen Waldbränden an ihrem Fehlen Schuld. Es scheint auch, daß eine Verteilung des Regens auf zwei Regenzeiten günstig wirkt, indem der Wald zwei kurze Trockenzeiten leichter verträgt als eine lange. Daher dürfte es kommen, daß Südkamerun mit nur 1500—1700 mm Regen doch noch in dem Urwaldgürtel liegt; die Trockenzeit im Winter beträgt auch nur 1—2 Monate, wie auch in Duala. Um so merkwürdiger ist der Umstand, daß Baliburg und Bamenda bei nur 1300—1500 m Meereshöhe und einem Niederschlag von 26—2800 mm ohne ausgesprochene Trockenzeit doch nur Grasland besitzen. Die Gründe sind nicht bekannt. An die Tiefgründigkeit durchlässigen Bodens auf den breiten Hochflächen oder an das Eingreifen des Menschen könnte man denken.

b) Regengrüne Wälder — Monsunwälder.

Wo die Niederschläge nachlassen und obendrein sich eine längere Trockenzeit entwickelt, verwandelt sich der immergrüne Regenwald in den regengrünen Wald, der während der Trockenzeit das Laub abwirft. Die Dauer der Entlaubung entspricht der Dauer der Trockenzeit und ist im Übergang zum Regenwald gering.

Die Bäume sind mehr trockenwüchsig als in jenen. Die Stämme sind kaum weniger hoch als im Regenwald, aber die Rinde ist rissiger, dicker, die Krone verzweigter und der Wald lichter. Schirmbäume sind häufig.

Das Laub ist oft fiederblättrig oder derb, glänzend und gegen Verdunstung geschützt, desgleichen die Laubknospen. Brettwurzeln und Stammblütigkeit kommen gar nicht oder nur ausnahmsweise vor. Bemerkenswert ist; daß im Stamm zuweilen Wasservorräte angelegt werden, so bei südamerikanischen Sträuchern in Wurzelstöcken von 10 m Durchmesser. Aufsitzer und Holzlianen werden spärlich.

Das Unterholz ist stets dicht, strauchförmig; Buschwald ist die gewöhnliche Form. Bestände aus bestimmten Arten sind häufig, so z. B. aus Teakbäumen in Hinterindien.

Während der Regenzeit bilden die Monsunwälder nasse, dichte, grüne Wälder und Dickichte — djungle der Engländer; während der Trockenzeit sind die blattlos, licht, sonnig, trocken.

Die klimatischen Bedingungen für die Ausbildung von Monsunwald scheint ein Niederschlag von 1500—1800 mm und eine Trockenzeit von 2—4 Monaten zu sein. Wächst die Dauer der Trockenzeit und sinkt die Regenmenge, dann gehen die Monsunwälder in grasigen Savannenwald oder niedrigen Buschwald über.

Ortsvereine der tropischen Waldgebiete.

Örtliche Abweichungen in der Ausbildung des tropischen Waldes sind häufig.

Strandvereine, die unter dem Einfluß des Meeres und seiner Salze stehen, sind sehr bezeichnend. Vor allem sind an Flußmündungen die Mangrovenwälder zu nennen, die in dem Brackwassergürtel gedeihen, wo sie bald mehr salziges, bald mehr süßes Wasser bei schwankendem Wasserspiegel haben (Abb. 43).

Wo während der Ebbe Meeresboden entblößt wird, siedelt sich strauchförmiges *Salicornia*-Gestrüpp an, und auf Strandwällen, auf Flugsand ist dichtes Gebüsch und Wald aus salzliebenden, trockenwüchsigen Sträuchern und Bäumen entwickelt — Strandgehölze.

Auch Sandstrandwälder gibt es in den Tropen aus niedrigen, krummen, oft dornigen Bäumen, in denen Lianen und Aufsitzernicht fehlen. Hierher gehören die Restingawälder Brasiliens, die aus bis 7 m hohen Bäumen und 3 m hohen Sträuchern bestehen.

In Monsunwald machen sich Orts- einflüsse viel stärker bemerkbar als im Regenwald, weil in letzterem die Niederschläge etwaige Bodenunterschiede leichter ausgleichen, als in jenem. Immerhin fehlt es auch in ihm nicht an örtlichen Abweichungen.

Wo der Boden aus irgend welchen Gründen flachgründig wird, soll der Wald nach Höhe und Dichtigkeit dürrtiger werden und sich in Buschwald und selbst Trockenwald verwandeln.



Abb. 43. Mangroven mit Schößlingen, die z. T. oben an den Zweigen hängen, z. T. nach ihrem Herabfallen unten im Schlamm stecken.

Ein wesentlich anderes Aussehen nimmt der Wald im Bereich der Sümpfe an; es wird ein dichter, unpassierbarer Sumpfwald aus anderen Arten. In den Deltas tropischer Ströme, sowie in deren Überschwemmungsgebieten, in den weiten Sümpfen Südkameruns sind solche Sumpfwälder als Ortsvereine verbreitet. Dieser vom Grundwasser ausgehende Einfluß macht sich aber im Monsunwald noch viel stärker bemerkbar, weil der Grundwasserwald immergrün ist, demnach während der Trockenzeit von dem kahlen Wald absteht.

Sumpfwälder sind im allgemeinen niedriger und lichter als Regen- und Grundwasserwälder. Bestimmte Baumarten setzen sie zusammen — so z. B. Sagopalmen in Südasien, Raphia- und Rotangpalmen in Afrika. Auffallend ist oft die Entwicklung von Stelzwurzeln, so daß man wohl von „Süßwassermangroven“ gesprochen hat.

Auf durchlässigem Boden, z. B. Kalkstein, entwickeln sich im Gebiet des Monsunwaldes Savannenwald und selbst Dornwald, z. B. aus Akazien. In Peru ist der durchlässige Laterit durch Savannenwald ausgezeichnet, durch Kiefernwälder der Sandboden Mittelamerikas.

In anderen Fällen scheint schlechter, nährstoffarmer Boden zur Entwicklung von Bambusbeständen zu führen.

Zeitweilig unter Wasser stehende Gebiete tragen in manchen Gegenden — z. B. Java, Burma — Grassumpf, wenn sie dauernd feucht sind, aber borstenartiges Rohr, wenn sie austrocknen.

Felsvereine von Flechten und Algen bevorzugen kahle, steile Felswände, wie sie selbst im regenreichsten Urwald auf Bergspitzen vorkommen — Rio de Janeiro, Guayana, Kamerun.

Ganz besonders auffallend aber sind die Folgen der Waldvernichtung durch den Menschen.

Im allgemeinen entwickelt sich auf der abgebrannten Lichtung zuerst eine Grasflur, namentlich aus hohem, dichtem Alang-Alang-Gras. Wenn diese Grasflur dauernd durch den Menschen abgebrannt wird, kann sich der Wald nicht wieder entwickeln. Wird aber der Boden infolge der Entwaldung nach Tierwelt, Feuchtigkeit, Bakteriengehalt verändert, dann ist er überhaupt nicht mehr imstande, Wald ohne weiteres wachsen zu lassen.

Auf trockenem Boden, namentlich in Monsunwäldern, bleibt die Alang-Alang-Flur leicht dauernd bestehen, auch wenn sie nicht durch Grasbrände künstlich erhalten wird. In regenreichen Gebieten dagegen sprießen auf der sonnigen Grasflur zuerst sonnenliebende Bäume auf, die eine mächtige Schirmkrone entwickeln. Im Schatten dieser Krone kommt das Gras nicht fort, wird durch Gehölz und Kräuter verdrängt, und so entwickelt sich, von den Schirmbäumen ausgehend, ein Buschwald mit dichtem Gestrüpp. Genügen die Niederschläge, so überschatten bald hohe Bäume das Unterholz, erdrücken es, und das aufstrebende Gewirr von Lianen trägt dazu bei, schnell alle nicht in den schattigen, hohen Regenwald gehörenden Formen zu vernichten. Nach einigen Jahrzehnten kann wieder Urwald alles bedecken.

2. Die Grassteppengebiete.

Das Bild, das uns die Pflanzendecke im Bereich der Niederschläge von 1500—300 mm bietet, ist ein sehr buntes, wechselvolles. Bei einem so großen Unterschied zwischen den Niederschlagsmengen sind in den Endgliedern bedeutende Gegensätze zu erwarten und auch vorhanden, allein die Unmöglichkeit, eine Grenze zu ziehen und die mannigfachen Übereinstimmungen zwischen den feuchteren und trockeneren Gegenden lassen eine scharfe Gliederung nicht praktisch erscheinen.

Die feuchteren Gebiete, etwa solche mit über 1000 mm Niederschlag sind durch Hochgrasfluren, hohen lichten Savannenwald und Park-

landschaft ausgezeichnet. Parklandschaft ist namentlich in den Randgebieten gegen den Wald entwickelt, und ihre Waldinseln weisen darauf hin, daß sie wohl eine künstliche, durch Waldbrände entstandene Bildung ist. Südamama, die Loangoküste z. B. haben Hochgrasfluren mit Parklandschaft. Auch Südbrasilien, Guayana sind an ihnen reich.

In den Gebieten mit 1000 — 500 mm Niederschlag herrscht die Niedergrasavanne nebst dem lichten, niedrigen Steppenbuschwald von knorrigem Wuchs — Obstgartensteppe. In der Trockenzeit steht sie kahl da, vor dem Beginn der Regen bedecken sich viele Bäume mit glänzenden, wie lackierten Blättern. Dornbäume und -sträucher treten noch zurück. Allein streckenweise sind Baumsavannen mit hohen Schirmakazien oder Schirmsträuchern entwickelt. Oft verschwindet das Gras so gut wie ganz und ein dichter, kaum zu durchdringender Buschwald oder Busch entwickelt sich.

Es scheint, daß mit der Abnahme der Niederschläge — etwa von 500 mm ab — solcher Busch, namentlich Dornbusch, zu überwiegen beginnt.

Reine Grassteppen scheinen hauptsächlich in den Grenzgebieten gegen die Subtropen bei 600—300 mm Niederschlag verbreitet zu sein — im südlichen Afrika (Südtransvaal, Freistaat, südliches Betschuanenland) in Südbrasilien, Argentinien (Pampas), sowie am Südrand der Sahara, wo ausgedehnte Grassteppen vorkommen. Aber auch nahe dem Gleichen sind Hochgrassteppen, in denen Mann und Roß verschwinden, in einem Durchmesser von vielen Tagereisen vorhanden — Südamama. In den Llanos kommen, wenn auch jetzt nicht mehr in dem Umfang wie Humboldt es geschildert hat, zusammenhängende baumlose Grassteppen vor.

Die Pampas nehmen insofern eine Ausnahmestellung ein, als sie bei auffallend hohem Niederschlag (500—1000 mm) entwickelt sind, der obenrein über das Jahr hin ziemlich gleichmäßig verteilt ist. Allein die Regendichte ist sehr groß, die Zahl der Regentage dagegen gering, und infolgedessen ist trotz hohen Niederschlages und gleichmäßiger Verteilung über das Jahr hin das Klima im Grunde genommen „trocken“, und statt der Gehölze ist Grasflur entwickelt.

Ortsvereine.

Der Einfluß des Bodens, des Grundwassers und des örtlichen Klimas ist in den Steppen viel wirksamer als in den Waldgebieten, weil ein geringes Mehr an Wasser während der Dürren genügt, um eine andere Pflanzendecke entstehen zu lassen.

Am auffallendsten ist das Auftreten der Uferwälder an den Flüssen, die oft dem Urwald an Üppigkeit nahe kommen und als zusammenhängende Streifen — Galeriewälder — die Parklandschaft und Savannen durchziehen. In den trockeneren Steppen fehlen zwar die dunkelgrünen dichten hohen Galenewälder, aber es gibt wenigstens höhere Bäume mit mächtigen grünen Kronen, die an den Flußrändern stehen — Uferwald.

Innerhalb der Steppengebiete treten infolge örtlicher Zunahme der Niederschläge Wälder als Ortsvereine auf. Sie nehmen vor allem die Gebirge ein. So ist z. B. Deutsch-Ostafrika an solchen örtlichen Waldungen reich. Es handelt sich z. T. um regengrüne Wälder in dem Küstenvorland, z. T. um tropischen Regenwald auf den Gebirgen, (z. B. Usambara). In den bereits subtropischen Breiten (z. B. Natal, Südbrasilien, Ostaustralien) trägt der Regenwald, der örtlich entwickelt ist, den Stempel des subtropischen Regenwaldes. (Siehe diesen.)

Nähere Untersuchungen über den Einfluß des Bodens hat Vageler in Ugogo ausgeführt. Er hat gezeigt, wie die Abarten des Steppenwaldes,

die Savannen mit Schirmbäumen und -büschen, die Dorngehölze und namentlich die Niedergras- und Hochgrasfluren von dem Boden abhängig sind.

Sandige und mittelschwere Böden haben dort Laubbuschwald und Steppenbusch. Wo tonige Sande und kalkreiche leichtere Böden wechseln, ist die Schirmbaumsteppe entwickelt. Auf schwerem Tonboden steht Niedergrassteppe und auf schwerstem Tonboden Hochgrassteppe. Auf Kalkgeröll ist eine Krautsteppe entwickelt. Die Böden sind z. T. Roterden auf ursprünglicher Lagerstätte oder umgelagert, und namentlich sind Grauerden, die z. T. Ablagerungen diluvialer Seen sind, verbreitet. Da von dem Rande der alten Seen nach deren Mitte hin die Ablagerungen von Sanden zu schwersten Tonen übergehen, so ist demgemäß auch eine Umwandlung der Pflanzenvereine festzustellen.

Auch in der Kalahari ist die Abhängigkeit vom Boden in hohem Grade auffallend. Auf welligem, tiefem, rotem Sand ist dichter Laub- und Dornbusch entwickelt, in ebenen Senken mit grauem Boden, unter dem in geringer Tiefe Kalk liegt, aber die aus niedrigem Knäulgras bestehende Aristidaflur ohne und mit spärlichen Büschen. Wo das Grundgestein ansteht oder unter nur dünner Sanddecke liegt, ist ein leichter Steppenwald mit niedrigen, aber örtlich auch hochstämmigen Bäumen zu finden. Kalkpfannen mit Kalkboden und Grundwasser haben besondere Bestände in ihrer Umgebung. Nach dem feuchteren Norden hin verschwinden im Sandfeld die Dornbäume und in der nördlichen Kalahari entwickelt sich sogar, dank dem Grundwasser, ein leichter Wald, den man unbedingt einen regenegrünen Hochwald nennen muß. In dem Sumpfland des Tauche, in den breiten bei Hochstand überschwemmten Tälern des Kwando und Sambezi sind naturgemäß noch andere Pflanzenvereine — Grasland und Sumpfwald — entwickelt.

Ein Beispiel von großer Klarheit bietet der Nordrand der Tafel von Südadamaua. Die Ebenen nördlich des Tafelrandes tragen auf lehmigem Boden bei vielleicht 1000—1200 mm Regenfall Savannenwald, der steile Abfall mit gleichfalls lehmigem, steinigem, flachgründigem Boden besitzt dichten Buschwald, die Oberfläche der Tafel auf der viele Meter mächtige, sehr durchlässige Roterde liegt, ist dagegen reine Hochgrassteppe bei vielleicht 1500—1800 mm Niederschlag. Weiter südlich, wo der Boden lehmig und tonig wird, breitet sich Baumsavanne aus. An den Bächen des Graslandes auf der Tafel ist dichter, üppiger Galeriewald, an denen der nördlichen Ebene dagegen ein aus höheren, z. T. immergrünen Bäumen und Sträuchern bestehender Uferwald überall entwickelt.

Der Einfluß der Oberflächengestaltung und Meereshöhe — Tafelfläche 12—1400 m, dann steiler Abfall, dann Ebene von 600 m Mh. — ferner der Einfluß des Bodens und des Klimas sind deutlich erkennbar.

Sehr schön sind auch in den Pampas die Ortsvereine gekennzeichnet. Während die trockenen Hügel und Rücken mit hartem Büschelgras, Halbssträuchern und nach Regen mit einer flüchtigen Regenflora bestanden sind, enthalten die Einsenkungen — Cannadas — wegen des hohen Grundwasserstandes weichen Rasen aus Gras und fleischigen Kräutern — Salzpflanzen auf leicht salzigem Boden — die ein ausgezeichnetes Viehfutter bilden.

3. Zwergstrauch- und Saftgehölzsteppen.

In manchen regenarmen Gegenden — meist unter 500 mm Niederschlag — findet sich, selbst unmittelbar unter dem Gleicher, eine aus Zwergsträuchern und Saftgehölzen von z. T. abenteuerlichen Formen bestehende Steppe. Salzsteppen muß man sie schon nennen. Vielleicht ist der Boden

die Ursache für die Ausbildung gerade von Zwerggesträuch und Saftgehölzen; vielleicht ist er nämlich steinig oder ein flachgründiger, schwerer Tonboden. Auch mögen trockene, heiße Winde — im Osthorn und im nördlichen Ostafrika der Passat, desgleichen auf dem mexikanischen Hochland — dem Baumwuchs feindlich sein.

Von Ortsvereinen gibt es sicher Grundwassergehölze — Wald und Busch — und wahrscheinlich auch Gehölze auf leichtem Sandboden, da der Sand alle Feuchtigkeit, die er aufnimmt, an die Wurzeln abgibt.

4. Die Pflanzenvereine der tropischen Gebirge.

a) Der Höhenwald.

Wie oben gesagt wurde, sollen die Abhänge der Gebirge in drei Stufen eingeteilt werden, die Fußstufe, die Höhenwaldstufe und die Krüppelholzstufe.

Die Fußstufe ist soeben besprochen worden, sie trägt Regenwald, Monsunwald, Steppen, je nach der Höhe der Niederschläge. Im Bereich der Höhenwaldstufe dagegen kommt ein mehr gleichmäßiges Klima zur

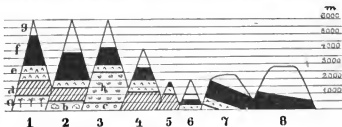


Abb. 44. Höhenstufen der Pflanzenvereine.

1. Tropisches Regenwaldgebiet, 2. Subtropisches Hartlaubgebiet, 3. Subtropisches Sahasteppengebiet, 4. Alpen, 5. Mittelddeutschland, 6. Fenerland, 7. Skandinavien, 8. Grönland, a. Trop. Regenwald, b. Subtrop. Hartlaubgehölz, c. Sahasteppen, d. Trop. Bergwald mit Farnen, bzw. sommergrüner Laubwald, e. Trop. Nebelwald, bzw. Nadelwald, f. Krüppelholz, Matten, Hochgebirgssteppen, Hochgebirgswüsten, g. Schneestufe, h. Grassteppen.

Geltung und zwar unter dem Einfluß der Nebel und Wolken. Die Höhenwaldstufe liegt im Wolkengürtel, infolgedessen entwickelt sich dort ein Nebel- oder Höhenwald (Abb. 44).

Das Klima unterscheidet sich von dem der Fußstufe durch niedrigere, aber doch milde Temperatur, die nur geringe Schwankungen aufweist. Die Luftfeuchtigkeit ist größer, größer selbst als im Regenwald. Nebel, Bewölkung sind die Regel. Frost kommt noch kaum vor, spielt jedenfalls keine Rolle.

Der Höhenwald unterscheidet sich in mancher Hinsicht vom Regenwald. Plankenwuchs der Stämme und Stammbütigkeit fehlen. Die Lianen sind spärlicher, dünner und nicht holzig. Ausitzer sind die Regel. Vor allem sind unter ihnen Moose und lang herabhängende, bärtige Flechten — z. B. Tillandsia — gewaltig entwickelt, und alles trieft in Nässe. Die Arten der Bäume wechseln nach der Höhe hin ganz, und Baumfarne spielen eine große Rolle; auch sind Bestände aus einer einzigen Art nicht so selten. An Höhe kann sich der Nebelwald mit dem Regenwald meist nicht messen.

Die Meereshöhe der Höhenwaldstufe schwankt beträchtlich. In Kamerun zwischen 1800—2700 m, am Kilimandjaro 1800—3000 m, in Westjava 2000—2800 m; in Ostjava wird er in 1800—2800 m Höhe durch den regen-grünen, aus Kasuarinen bestehenden Tjemorowald ersetzt. Man sieht also, nicht überall ist der Nebelwald zu finden, und namentlich über trockenen Steppen kann er weniger üppig ausgebildet sein.

Den Übergang zwischen dem typischen Regenwald der Fußstufe und dem nassen Nebelwald bildet ein Wald, der an Baumfarnen reich, an Palmen sehr arm ist und auch sonst die Merkmale des üppigen Tropenwaldes verliert. Er liegt in rund 1000 m Mh. Vielleicht ist es das beste, diesen Übergangswald als eine Unterabteilung des Höhenwaldes aufzufassen und Bergwald oder Farnwald zu nennen.

In Mexiko folgt auf den tropischen Regenwald zunächst trockenwüchsiges, regengrünes Gehölz, und zwar auf den freien Gehängen; in den Schluchten hält sich dagegen der Regenwald länger. Von 1000 m ab beginnt die Bergstufe mit einem üppigen Bergwald, der besonders aus immergrünen Eichen besteht. Dieser tropische, immergrüne Bergwald geht aber in sommergrünen Laubwald über, von der Form, wie er im Tiefland des Mittelgürtels heimisch ist. Dann folgt von 2000 m ab Nadelwald mit sommergrünen Bäumen gemischt, wie Eichen, Erlen, Linden. Aufsitzer fehlen ganz. Der Nadelwald herrscht in den oberen Regionen von 2400 m ab. Die obere Waldgrenze liegt bei gegen 4000 m.

b) Die Pflanzenvereine

der Krüppelholzstufe und Hochgebirgssteppen.

Über dem Wolkengürtel nehmen die Niederschläge schnell ab, die Erstrahlung des Bodens am Tage wächst, zugleich aber auch die nächtliche Ausstrahlung; Frostnächte werden die Regel. Demgemäß wachsen die Temperaturunterschiede des Bodens zwischen Tag und Nacht. Die mittlere Temperatur der Luft freilich schwankt wenig. Die Gewalt der austrocknenden Winde steigt und mit der Meereshöhe der Einfluß des Schneefalles. Alle diese Einwirkungen veranlassen Krüppelwuchs der Gehölzpflanzen und Mattenwuchs der Stauden, Kräuter, Gräser. In folgender Reihenfolge entwickeln sich die Pflanzenvereine.

a) Die Krummholzstufe. Den Wald löst Krummholz ab. Die Bäume werden niedriger, knorriger, die Laubmasse geringer, die Äste kurz, dick und unregelmäßig. Alle Kennzeichen von Trockenwuchs stellen sich ein, und schließlich entsteht Krummholz mit allen bezeichnenden Eigenschaften. Die Grenze zwischen Nebelwald und Krummholz ist aber manchmal recht scharf.

b) Trockenwüchsiges Gesträuch. Mit dem Krummholz sind die Krüppelgehölze nicht abgeschlossen; dieses geht gewöhnlich in trockenwüchsiges Gesträuch über, das niedrig, knorrig, oft dornig und als dichtes Gestrüpp entwickelt ist, ähnlich der Alpenrosenstufe der Alpen.

c) Die tropischen Hochgebirgssteppen. Es sind scheinbar geschlossene Matten aus Gräsern, Kräutern, Stauden, in Wirklichkeit aber sind es Büschel und faust- bis tellergroße Polster, aus denen kniehohe Halme aufsteigen. Moose und Flechten füllen die Lücken zwischen den Büscheln und Polstern aus. Echte Gräser sind stark vertreten, ferner Zwiebel- und Knollengewächse. Auch vereinzelte Zwergsträucher und in manchen Gegenden — Kilimandjaro, in den Páramos der Anden — unregelmäßig gewachsene, mit Flechten bedeckte, 5—8 m hohe Bäume und baumförmige Stauden — z. B. *Erica*. So in Ostafrika in über 2900 m Höhe das baumförmige *Senecio Johnstonii* (Abb. 45) und in den Páramos der Anden das ähnlich gestaltete *Frailejon* (*Espeletia*- und *Calceitium*-Arten).

Auch die Puna der peruanisch-bolivianisch-chilenischen Anden mit ihren Rosetten- und Polsterpflanzen, trockenen, borsteförmigen Grasbüscheln und Zwerggesträuch gehört hierher. Öde Zwergstrauchsteppen, ähnlich den Salzsteppen, herrschen zuletzt.

d) Die Fels- und Eiswüsten. Wo auch Zwerggesträuch nicht mehr fortkommt, wo kahle Felsen und Steinschutt den Boden bilden, sind Flechten und Moose die einzigen dauernden Bewohner, wenn auch hier und dort einmal ein kurzlebiges, blühendes Kraut an warmer und feuchter, windgeschützter Stelle entdeckt werden kann. So gehen flache, feuchte, mit Kräutern bestandene Mulden am Kilimandjaro noch bis in 5000 m Höhe hinauf. Die Schneegrenzen sind unter dem Gleicher in den Anden 4700 m, in Ostafrika 5000—5300 m, dagegen unter 20° Br. 4500—4600 m.

Ortsvereine. Im Bereich der Höhenstufe sind es alle Stellen, die gegen Wind geschützt sind — Schluchten besonders —, ferner sonnige, warme und feuchte Stellen, die besseren Pflanzenwuchs tragen. An solchen Orten steigt die in geringerer Höhe heimische Pflanzenwelt höher hinauf. Umgekehrt veranlassen örtliche Trockenheit, ferner Durchlässigkeit und Flachgründigkeit des Bodens, sowie Schatten- und Windlage das Herabsteigen von Kälte- und Krüppelformen in günstigere Stufen.



Abb. 45. Charakterpflanzen der Paramo-stufe am Kilimandjaro. Links Senecio Johnstonii (nach H. Meyer), rechts Lobelia Deckenii (nach Volkenau).

II. Die subtropischen Pflanzenvereine.

Allgemeine klimatische Verhältnisse.

Als Subtropen werden hier die Gebiete mit heißen Sommern und milden Wintern bezeichnet, die etwa zwischen den Wendekreisen und der Winter-Isotherme von 6° liegen. Demgemäß fallen die Mittelmeerländer, die Südstaaten der Union, das südliche Japan und mittlere China, auf der südlichen Halbkugel aber Neuseeland, Tasmanien, das mittlere Chile in unser „Subtropen“. Einige Gebiete scheiden aber aus, nämlich die Gebiete mit Sommerregen, wie Südbrasilien bis La Plata, östliches Südafrika bis Kaffraria, SO-Australien, N-Mexiko, Nordindien, Südchina; sie sind bei den tropischen Sommerregengebieten behandelt worden. Ferner fallen alle Wüsten und Salzsteppen mit weniger als etwa 500 mm Niederschlag fort.

So bleibt denn ein Gebiet übrig, das durch folgendes Klima ausgezeichnet ist. Die Temperatur ist im Sommer heiß, heißer selbst als am Gleicher, im Winter aber mild; allein es gibt häufig Frost, und dieser ist für die Ausbildung der Pflanzendecke nach Arten und Wuchs ausschlaggebend.

Das Licht ist im Sommer bedeutend wirksamer als im Winter, vor allem aber sind Höhe und jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge entscheidend. Danach sind zwei Arten von Gebieten zu trennen: 1. solche mit gleichmäßigen Niederschlägen, 2. solche mit ausgesprochenen Winterregen. Diese können bald mehr in den Herbst, bald mehr in den Frühling fallen, in jedem Fall sind die Winter feucht und die Sommer ausgesprochen trocken.

1. Die Pflanzenvereine der immerfeuchten Subtropen.

Man kann zwei Unterabteilungen unterscheiden, die regenreichen Subtropen und die mit mäßigen Niederschlägen. Die Pflanzendecke der ersteren ist Regenwald, die der andern Grasflur.

a) Die subtropischen Grasfluren

verschmelzen mit den tropischen Grasfluren. Im Übergangsgebiet vom Sommerregen zum Winterregen schieben sich Gebiete mit Niederschlägen ein, die mehr oder weniger gleichmäßig über das Jahr hin verteilt sind, namentlich auch Frühsommer-, Frühlings- und Herbstregen besitzen. Wenn sich die Regenmenge in bescheidenen Grenzen hält, so entwickelt sich Grasflur. Das Grasland im Freistaat, in Kaffrarien, auf der De Kaap-Tafel in Südafrika, die Pampas von Argentinien, die Grasländer von Südastralien und Neusüdwales sind schon bei dem Tropengürtel besprochen worden.

Ortsvereine. Als Ortsvereine sind Gehölze in feuchten, windgeschützten Tälern zu nennen, ferner auf schwerem Tonboden Zwergstrauchsteppen. Es sind gleichsam vorgeschobene Posten des Gürtels der Zwergstrauchsteppen, die sich in der Richtung abnehmender Niederschläge entwickeln.

b) Die subtropischen, immerfeuchten Regenwälder.

An einigen Stellen, so in Mexiko und Australien, in Südbrasilien und in N-Argentinien am Osthang der Anden verwandelt sich der tropische Regenwald unter Abnahme der Winterwärme und unter Veränderung der Arten in den subtropischen Regenwald. Dieser subtropische Regenwald hat in der Ausbildung eine auffallende Ähnlichkeit mit dem tropischen Berg- und Nebelwald. Er ist hochstämmig, üppig, feucht, reich an Moosen und Flechten, aber ohne Stammlütigkeit und Planken, ohne die Großblätterigkeit, aber mit spärlichen Lianen und spärlichen, holzigen Aufsitzern, die kaum Wasserkelehe besitzen. Er ist immergrün, und Eichenwälder mit Magnolien. Ficus und Palmen sind in ihm häufig. Als Ortsverein tritt subtropischer Regenwald im südlichen Gebiet der Sommerregen-Steppe auf, so z. B. in Natal und Südbrasilien in feuchten Niederungen und Tälern.

Ortsvereine. Die örtliche Ausbildung der subtropischen Regenwälder ist insofern höchst bemerkenswert, als gerade die Ortsvereine räumlich große Ausdehnung gewinnen können. So ist am mexikanischen Meeresbusen der echte subtropische Wald auf den nördlichsten Teil des Küstenstriches der mexikanischen Golfküste, sowie die Südspitze von Florida und die Key-Inseln beschränkt. Seine Ortsvereine dagegen dringen in die Golfstaaten der Union vor. Ihnen gehören in den Sümpfen von Louisiana usw. die Sumpfwälder mit *Taxodium distichum* und ferner auf durchlässigem, nährstoffarmem Sandboden die Kiefernwaldungen mit *Pinus australis* an. Es ist bemerkenswert, daß im warmen Gürtel Nadelhölzer feuchtwarme Wälder bilden können, wenn der Boden durchlässig und nährstoffarm ist. Diese Nadelwälder sind in den Südstaaten licht, haben aber ziemliches Gestrüpp als Unterholz.

c) Subtropisch-gemäßigte Regenwälder.

Ganzeigenartig sind die Wälder in Süd-Chile, in SO-Australien und Tasmanien, in Neuseeland und Japan. Sie können einerseits aus dem tropisch-subtropischen Regenwald, sodann aber aus den Hartlaubgehölzen der subtropischen Winterregengebiete sich entwickeln. Andererseits gehen sie nach der Polargrenze zu in die sommergrünen Wälder des Mittelgürtels über. Demgemäß weisen sie Merkmale aus allen drei Gebieten auf. Solche Vielseitigkeit ist auch klimatisch begründet. Denn die Sommer sind heiß und

feucht, die Winter aber bei aller Milde doch oft frostkalt; deshalb müssen sich die Wälder auf Hitze und Nässe, Trockenheit und Kälte einrichten.

Die Bäume sind überwiegend feuchtwüchsig und immergrün, aber doch an den kalten Winter durch kleine, glänzende, lederartige Blätter und Wasseraufspeicherung oder durch Laubabwurf angepaßt. Tropische Erscheinungen wie Planken, Stammlütigkeit und Wasserkelche bei Aufsitzern fehlen; wohl aber erinnern diese und Lianen an den Tropenwald. Das Unterholz ist sehr dicht, die Arten weniger zahlreich als im tropisch-subtropischen Regenwald und Bestände einzelner Arten nicht selten — Baumfarnen besonders. Die meisten Bäume sind Nadelhölzer, aber auch immergrüne und sommergrüne Laubbäume — namentlich Buchen und immergrüne Eichen. Moose und Flechten sind reichlich. Die Höhe der Bäume ist erheblich geringer als im subtropischen Regenwald.

Über das Auftreten von Ortsvereinen liegen keine Angaben vor.

2. Subtropische Winterregengebiete.

Subtropische Hartlaubgehölze.

In den Gegenden mit heißen, trockenen Sommern und milden, feuchten Wintern sind höchst bezeichnende Gehölze entwickelt, nämlich die Hartlaubgehölze. Es sind Bäume, Sträucher und auch Halbsträucher. Die Bäume sind oft niedrig und haben einen knorrigen Stamm. Kleine, blaugrüne, harte Blätter, die lanzettlich und nadelförmig sind, überwiegen; sie stellen sich gern parallel zum Licht. Die Trockenwüchsigkeit ist wohl so zu erklären, daß die Gehölze sowohl im Winter gegen die Kälte und die damit verbundene Trockenheit als auch im Sommer gegen Hitze und Dürre geschützt sein müssen.

Untergeordnet ist eine winterliche Regenflora, in der Zwiebel- und Knollenstauden reichlich vertreten sind.

Diese eigenartigen Hartlaubgehölze sind in den Mittelmeerländern heimisch, wo Lorbeer, Oleander, Myrthe, Ölbaum, Pinie, Zypresse bezeichnende Vertreter sind, ferner im westlichen Kapland mit Erikazeen und Proteazeen, im südwestlichen Australien mit Proteazeen, Grastäumen und anderen altweltlichen Gewächsen, sodann im mittleren Chile und in Kalifornien.

Folgende Ausbildung der Hartlaubgewächse ist bemerkenswert.

Hartlaubwälder entwickeln sich in regenreichen Gebieten mit mindestens 1 m Niederschlag. Sie sind hochstämmig; haben dichtes Unterholz und wenig jahreszeitliche Pflanzen. SW-Australien hat herrlichen Hochwald, desgleichen Kalifornien mit *Sequoia sempervirens* im Küstengebirge. Auch im Kapland kommt an der Knysna wegen örtlichen hohen Regenfalls Hochwald vor. In den Mittelmeerländern ist er meist ausgerottet worden, und zwar bereits im Altertum.

Hartlaubbusch ist ganz überwiegend verbreitet. In Korsika führt er den Namen *Maquis* oder *Macchia*. Dieser Name ist in wissenschaftliche Schriften eingedrungen und bezeichnet einen trockenwüchsigsten, dichten, immergrünen Busch, der oft nur ein undurchdringliches Gestrüpp ist. Er hat sehr große Verbreitung in allen subtropischen Winterregengebieten, so namentlich im Mittelmeergebiet.

Felsenriff mit Hartlaubbüschen oder Hartlaub-Felsenriff — Garigue in Südfrankreich genannt — ist gleichfalls eine häufige Erscheinung. Zwischen kahlen Felsen und Blöcken stehen vereinzelt oder gedrängt immergrüne Büsche und Stauden, Kräuter und Gräser in mit Erde erfüllten Spalten. Diese drei Bestandteile — kahler Fels, kleine Streifen

und Flecke von Triften und zerstreutes Gebüsch — sind für die felsigen Gehänge vieler Berggegenden der subtropischen Winterregengebiete bezeichnend.

Ortsvereine. Die drei genannten Formen der Hartlaubgehölze sind in gewisser Hinsicht bereits Ortsvereine. Die Felsentrift mit Hartlaubbüschen ist besonders bezeichnend für die Kalksteinberge, der dichte Busch der Macchien für Silikatböden, und Hartlaub-Hochwald gedeiht gern örtlich in Tälern auf feuchteren Schwemmlandsohlen.

In Gebieten, wo nicht nur Winter-, sondern auch Sommerregen fallen, stellt sich, je nach dem Abstand vom Gleicher, entweder subtropischer oder subtropisch-gemäßigter Regenwald ein.

Umgekehrt wird sich an Stellen mit ungewöhnlich geringen Niederschlägen leicht Salzsteppe mit Zwerggesträuch und Halbsträuchern oder auch hartem Büschelgras einstellen. Die spanische Halbinsel, Kleinasien, Syrien, die Atlasländer, Barka, Iran sind reich an Beispielen örtlicher Salzsteppen, die sich namentlich in Becken und Tälern zwischen waldigen Gebirgen finden. Als Beispiel seien die Becken von Guadiz und Baza genannt, die inmitten der mit Hartlaubgehölzen bestandenen Gebirge Südspaniens liegen.

Entwaldung. Neben natürlichen Einflüssen hat der Eingriff des Menschen wahrscheinlich den Wuchs und die Verbreitung der Hartlaubgehölze bestimmt.

Entwaldung hat im Altertum und Mittelalter das Landschaftsbild jener Länder gewaltig verändert und, zwar am stärksten auf Kalksteinbergen. Die schon an sich dünne Bodenschicht ist dort schnell abgespült worden und nur in Resten zwischen den Blöcken und Felsenrippen erhalten geblieben. Dort hat sich die Felsentrift mit den z. T. in den Felspalten wurzelnden Büschen — die Garigue — entwickelt. Auf Silikatboden hat sich die Bodenschicht besser erhalten, und dort ist der immergrüne Busch entstanden. Wald würde sich bilden können, allein der Mensch verhindert durch Abhauen der größeren Bäume seine Entwicklung. Auch Ziegenherden sind als waldfeldliche Kraft zu nennen.

So treten uns denn, in den Mittelmeerländern wenigstens, die Hartlaubgehölze als ein Erzeugnis der Raubwirtschaft entgegen; sie bedecken ausgesprochene Raublandschaften. Die Folgen der Waldverwüstung aber sind die dauernde Unfruchtbarkeit der Felsentriften auf den Kalksteinbergen, die Bodenrutschungen und Schlammströme auf den Mergel- und Tonbergen des Appennins, des Atlas und anderer Gebirge im Bereich der Felder und Gärten. Am besten steht es noch mit den Macchien, obgleich diese auch nicht annähernd den Wert besitzen, den ein Hochwald haben würde.

Die Meeresstrandvereine. Die Meeresstrandvereine der Subtropen unterscheiden sich nicht unerheblich von denen der Tropen. Die Mangroven sind an Flußmündungen und sumpfigen Schwemmlandküsten wohl noch verbreitet, aber nur so weit als die Winterkälte es gestattet. So sind sie an der Südküste Floridas noch zu Hause und dringen von dort nach Norden vor, bis ein kalter Frostwinter sie wieder zurückwirft. In den Mittelmeerländern, an der Küste des Kaplandes und Westaustraliens, an der Kaliforniens und Chiles fehlen sie ganz, wohl wegen der Kälte des Meerwassers, die durch polare Strömungen und Auftriebwasser bedingt wird.

Wie in den Tropen ist die strauchige *Salicornia* als erste Pflanze auf Watten zu finden, und es folgen Strandgehölze — meist Busch und Gestrüpp, weniger dagegen ein Wald, wie er in den Tropen vorkommt.

Felsenvereine aus Flechten, Moosen, Algen im Bereich des Brandungs- und Spritzergürtels fehlen natürlich hier ebenso wenig wie anderswo.

3. Die Höhenstufen.

a) Die Höhenwaldstufe (Abb. 44).

Die immergrünen Hartlaubgehölze gehen nach oben so hoch als die Sommerdürre reicht. Wo die Sommerregen einsetzen, da entwickelt sich der sommergrüne Laubwald mit Kastanien, Eichen, Ahorn, Buchen usw., also Bäumen unserer Länder. Dann folgen Nadelwälder. Auch diese Laub- und Nadelwälder sind in den alten Kulturländern z. T. vernichtet, z. T. aber noch erhalten, so am Athos, wo Griesbach und Fallmeyer von ihnen so glänzende, lebendige Schilderungen entworfen haben.

Die obere Grenze der Hartlaubgehölze liegt in den Mittelmeerländern zwischen 600—800 m, die obere Waldgrenze bei 1600—2000 m Höhe.

In Chile ist die Verteilung ähnlich, in Kalifornien aber sind die Grenzlinien 1800 m für die Hartlaubgehölze, dann kommt Laubwald und schließlich Nadelwald mit den Mammutbäumen — *Sequoia gigantea* — bis 2460 m. Dieser Nadelwald gehört zu den großartigsten Naturwundern der Union.

b) Die Krüppelholzstufe nebst Hochgebirgssteppen.

Über dem Nadelwald folgen Krummholz, Gestrüpp und noch höher hinauf Bergmatten mit Gräsern, Stauden, Rosetten- und Polsterpflanzen. In Argentinien-Chile sind auch Zwergstrauchsteppen entwickelt, in Neuseeland aber vor allem Polsterpflanzen zu finden. Auf dem Peak von Teneriffa fallen in dem Gürtel über den Welken besonders 3 m hohe, halbkugelige Sträucher auf, die auf Bimssteingeröll zerstreut stehen. So haben in den verschiedenen Gegenden der Subtropen die Krüppelholzstufen ihre Eigenarten. Die obere Grenze nähert sich der Schneegrenze. Diese liegt im Himalaya 3400 bis fast 5000 m, auf dem Kwenlun 5—6000 m hoch.

III. Die Pflanzenvereine der Mittelgürtel.

Allgemeine klimatische Verhältnisse.

Klimatisch sind die Mittelgürtel durch warme und selbst heiße Sommer und kühle bis äußerst kalte Winter ausgezeichnet. Die Gegensätze sind an Küsten mit Seeklima gering, im Innern der Erdteile — Sibirien — dagegen ganz gewaltig. So schwankt die mittlere Monatstemperatur in England im Jahre ungefähr zwischen $+5^{\circ}$ und $+15^{\circ}$, in Ostsibirien aber zwischen $+40^{\circ}$ und -80° . Trotzdem gehören beide Gebiete demselben Klimagürtel an und tragen eine ähnliche Pflanzendecke, weil die furchtbare Winterkälte von so geringem Einfluß auf die winterharten Gewächse ist. Die Niederschläge sind ziemlich gleichmäßig über das Jahr hin verteilt, wenn sie auch bald im Winter-, bald im Sommerhalbjahr überwiegen. Auch die Menge ist keinen allzu großen Schwankungen unterworfen. Im allgemeinen liegt sie zwischen 1000 mm (im Westen) und 400 mm in Sibirien. Nichtsdestoweniger sind doch bezüglich der Ansprüche, die die Pflanzendecke stellt, zwei verschiedene Klimaformen zu unterscheiden, das Waldklima und das Grasflurklima.

Waldklima verlangt in unseren Breiten eine Niederschlagsmenge von mindestens 500 mm, in N-Amerika wohl mehr, in Sibirien weniger. Die Temperatur beeinflusst das Wasserbedürfnis der Pflanzen empfindlich. Nicht sowohl auf die Winterkälte kommt es an, da die Bäume durch Kälteschlaf an sie angepaßt sind, wohl aber sind heiße, trockene Sommer schädlich, namentlich Spätsommer, ferner heiße, trockene Winde im Sommer und kalte, trockene Winde im Winter. Nicht schädlich ist dagegen die Kälte in schneereichen, windstillen Wintern, also in Antizyklonengebieten. Dem-

gemäß findet sich der Wald in ganz Mitteleuropa mit Ausnahme von Ungarn und der Walachei, in Rußland und Westsibirien im Bereich der herrschenden, reger bringenden Westwinde, in Ostsibirien aber im Bereich der Winter-Antizyklone mit Windstille.

Die Grasflur braucht weniger hohe Niederschläge (300—400 mm), als vielmehr häufige Regengüsse, besonders im Frühsommer. Die baumfeindlichen Einflüsse, wie heiße, windige, trockene Spätsommer und kalte, trockene Winterstürme sind dem Gras nicht nur gleichgültig, sondern sogar seine besten Bundesgenossen im Kampfe mit dem Wald.

Wenn Klima und Boden sehr feucht und namentlich die Winter milde und naß sind, entwickelt sich bei Grasflurklima Wiese im kalten, trockenen Winter, im heißen Hoch- und Spätsommer dagegen Steppe.

Die Steppe tritt als selbständiger klimatischer Vercin auf, die Wiesen aber sind im Waldgebiet neben dem Wald zu finden. Steppengebiete sind die ungarische Pusta, Südrußland mit der Walachei und der westasiatisch-sibirische Steppengürtel südlich des Waldes. In Nordamerika gehören hierher die Prairien, auf der südlichen Halbkugel aber die Falkland-Inseln, deren Temperatur im wärmsten Monat unter 10° liegt, daher keinen Wald duldet, wie Köppen gezeigt hat.

1. Die Waldgebiete.

Die Wälder des Mittulgürtels sind durch die Kultur derartig umgewandelt worden, daß man sich in Europa von der ursprünglichen Pflanzendecke kein Bild mehr machen kann. Wohl aber ist das noch in Nordamerika und in Asien möglich.

Mit Sicherheit kann man überall eine Zweiteilung des Waldes erkennen, nämlich einen südlichen Gürtel der Laubwälder und einen nördlichen der Nadelwälder.

Die Laubwälder sind in Nordamerika und Ostasien im allgemeinen gemischte Wälder. Etwas Nadelholz kommt immer vor, und die Laubbäume selbst bestehen aus vielen Arten — Eichen, Buchen, Ahorn, Linden, Rüstern, Eschen, Birken usw. Drei Stockwerke sind deutlich erkennbar, nämlich Bäume, Sträucher, Bodenpflanzen. Das Unterholz ist meist nicht dicht, so daß man sich frei bewegen kann. Da das Lichtbedürfnis bei der mäßigen Wärme bedeutend ist, sind Schattenpflanzen nicht zahlreich, am meisten noch im Frühjahr vor der Belaubung. Von Aufsitzern kommen fast nur Moose und Flechten vor, mit Ausnahme der japanischen Wälder, in denen, im Gegensatz zu den übrigen Ländern, auch Lianen gut entwickelt sind.

Mit dem regengrünen Steppenwald hat der gemäßigte Laubwald manches gemeinsam, so den meist niedrigen Wuchs, die rissige, borkige Rinde, die stark verzweigte Krone, die harten Schuppen um die Knospen, den Mangel an Planken und an Stammbütigkeit.

In den Forsten Europas — Nutz- und Pflanzwäldern — sind infolge der Eingriffe des Menschen bestimmte Baumarten zur Herrschaft gelangt, so daß man Bestände von Eichen, Buchen, Birken, Erlen kennt. Am auffallendsten ist der Buchenwald, ein richtiger Hallenwald mit wenig Unterholz.

Die Nadelwälder sind in dem kälteren Norden bis zur polaren Waldgrenze verbreitet und bestehen aus Arten der Kiefern, Fichten und Tannen. In dem feuchten und sommerwarmen Klima Europas und des westlichen Nordamerikas sind diese Wälder ziemlich üppig und haben reichliches Unterholz mit Ausnahme der schattigen Fichtenwälder; aber in dem kalten Nordrußland, in Sibirien und Kanada mit den spärlichen Niederschlägen, mit den wenigen warmen und den vielen kalten Monaten sind sie dünn und kümmer-

lich. Nach der Waldgrenze hin werden sie immer niedriger und lichter. Manchmal endet der Wald plötzlich, zuweilen mit Gebüsch, das den Übergang zwischen Wald und Krummholz bildet.

Ortsvereine. In dem Laubwaldgürtel machen sich Bodenunterschiede hinsichtlich der Baumarten schnell bemerkbar, am deutlichsten aber ist die Ausbildung des Nadelwaldes auf durchlässigem, nährstoff-armem Sandboden.

An nassen, sumpfigen Stellen sind Erlenbrücher und Weidengebüsch als Ortsvereine entwickelt, auf zeitweilig überschwemmten Flußsohlen aber Auen (Wiesen) und Auenwälder (lichte Baum- und Gebüschbestände auf Wiesen). Die Auenwälder können sich nur an Flüssen ohne Eisgang entwickeln; wo Eisgang vorkommt, gibt es nur Auen. Ob die Wiesentäler unserer Mittelgebirge, in denen namentlich die Böschungssohlen mit Gras bedeckt sind, natürliche oder künstliche Bildungen sind, ist fraglich. Daß die Kunst kräftig nachgeholfen hat, ist sicher. Da die Wiesen aber im oberen Teil der Täler oft in Erlenbrücher übergehen, so sind die Wiesenschlen vielleicht ganz und gar Kunsterzeugnis, d. h. trocken gelegt worden, und Sumpfwald erfüllte einst die ganzen Talsohlen.

Warum in manchen Wäldern und auf manchen Bergen hier oder dort Wiesen auftreten, ist nicht immer erkennbar; z. T. freilich beweist der sumpfige Boden, daß Grundwasser die Ursache der Wiesenbildung ist. Bei übermäßiger Nässe entwickelt sich Schilfsumpf und Wiesenmoor.

Die Wiesen des Amurgebietes, die mit Gehölzen, Waldinseln und Buschstreifen zusammen eine Parklandschaft bilden und oft genug als Hochstaudentriften entwickelt sind, sind vielleicht auch lediglich Ortsvereine, nicht klimatische Vereine; allein Untersuchungen scheinen noch zu fehlen. Trockenwüchsigste Triften bedecken häufig trockenen, flachgründigen Boden, so z. B. den flachgründigen Kalkton unserer Mittelgebirge, namentlich auf der Sonnenseite. Auf den Muschelkalkbergen und im Jura z. B., kann man solche Verhältnisse überall beobachten.

Im Nadelwaldgürtel tritt Laubwald als Ortsverein in feuchten, windgeschützten Senken und Tälern auf. Am wichtigsten aber sind in nassem Klima auf nährstoffarmen Sandböden mit Ortstein und Rohhumus die Heiden aus unserem Heidekraut (*Calluna vulgaris*). Die Ausbildung des Ortsteins hemmt das Wachstum der Baumwurzeln und führt zu Versumpfung und zum Absterben des Waldes. In NW-Deutschland sind solche Heiden weit verbreitet. Ebendort ist ein wichtiger Ortsverein im Gebiet des Nadelwaldes das Hochmoor aus Sphagnummoosen. Nach Norden hin nehmen die Hochmoore an Zahl und Größe zu (Finnland, Lappland, Nord-Rußland).

An Seerändern sind allgemein verbreitete Ortsvereine im Bereich der Laub- und Nadelwaldgebiete die Verlandungsmoore aus Schilf- und Wiesengräsern.

Im Übergangsgebiet zu Steppen treten namentlich auf trockenen, hochgelegenen Boden Inseln und Streifen von Steppengras aus. So sind sie Lößgebiete von Norddeutschland vor dem Beginn der Waldvernichtung vielleicht eng begrenzte Steppen gewesen; mindestens aber haben sie wohl nur lichte Wälder mit Wiesen getragen. Für die vorgeschichtliche Besiedelung wären sie dann Vorzugsgebiete gewesen, namentlich für Hirtenvölker.

2. Die Steppengebiete.

Die Steppen des Mittelgürtels bestehen einerseits aus Gräsern, andererseits aus Stauden und Kräutern, die namentlich zur Zeit der Frühjahrsregnen aufschießen und die Gräser überwuchern können. Bäume und Büsche

fehlen ihnen ganz; Savannen und Baumsteppen sind dem Mittelgürtel also unbekannt.

In den Prairien der Union sind mehrere klimatische Pflanzenvereine zu unterscheiden. In dem feuchten Osten — westlich des Mississippi — herrscht die „Bunchgras-Formation“ aus $\frac{1}{2}$ —1 m hohen Gräsern von büschel- und borstenförmigem Wuchs. Manche Forscher glauben, daß dieser Teil der Prairien einst Waldland war und erst durch Waldbrände in Steppe umgewandelt worden ist.

Es folgt nach Westen hin auf sandigem Boden die Prairiegrasformation, die niedrige Matten bildet, dagegen die Büffelgrasformation aus dem Büffelgras (Buchloe) und Grammagras (Bonteloua) auf Lehmboden. Sie bilden dichte Teppiche. Hier war einst die Heimat der Büffelherden, und ihr Abweiden soll den Mattenwuchs geschaffen haben.

Weiter westlich, im Bereich des „Sandhügeldistriktes“, herrscht wieder die Bunchgras- und daneben die Wiregras-Formation auf leichtem Boden.

Schließlich wächst auf den Vorhügeln des Felsgebirges die „Vorhügelformation“ aus Stupaarten und Grammagras, die in Zwergstrauch-Salzsteppe übergeht.

Die südrussischen Steppen werden vor allem durch Stupagräser gebildet, die mit steifen, stechenden Blättern den Rasen bilden. Die Kräuter und Stauden — besonders Zwiebel- und Knollengewächse — schießen nach dem Beginn der Regen massenhaft empor und überwuchern oft derart die Gräser, daß man mehr von Krautsteppen sprechen kann. Man unterscheidet unter der Wärmeflora Frühlings-, Frühlommer- und Herbstblütler.

Ähnliche Steppen wie in Südrußland ziehen durch Westasien und die Gebirge des nördlichen Zentralasiens.

Die Ungarische Pusta ist eine Steppe mit besonderen Gräsern, z. B. Federgras, Goldbartgras u. a., die einen Rasen bilden.

Ortsvereine. Innerhalb der klimatischen Steppenvereine gibt es zahlreiche Ortsvereine, die namentlich von der Beschaffenheit des Bodens abhängen. Leichter und schwerer Boden, sodann Unterschiede im Salzgehalt, im Feuchtigkeitsegehalt und schließlich hinsichtlich des Windschutzes rufen eine wechselnde Ausbildung hervor. So überwiegt in Südrußland z. B. auf feuchterem Boden, in Senken und Niederungen, die Krautsteppe, dagegen auf höherem, trockenem Boden die Stupa-Steppe. Im Übergang zum Wald tritt dieser zuerst in den Tälern auf, und erst näher der überwiegenden Walddecke beginnen Flecke und Streifen auf feuchterem Grund auch in den höher gelegenen Ebenen aufzutreten. Die Abnahme der Niederschläge führt zur Ansammlung von Salzen in flachen Senken und Pfannen und damit zur Entwicklung der aus Zwergsträuchern und Halbsträuchern bestehenden Salzsteppe. Namentlich die Form der Wermutsteppe (*Artemisia*) ist in Rußland und Sibirien als Verkünderin der Salzsteppe bezeichnend, der sich der Reisende nähert. Auch in den Hochsteppen Algeriens vertritt *Artemisia* in salzigen Senken das Halfagras (*Stipa tenacissima*).

Strandvereine sind in dem Mittelgürtel ärmerlicher als in dem warmen Gürtel. Auf Watten beginnt sich zuerst eine krautige *Salicornia* anzusiedeln, deren dichtere Bestände in Festucawiesen und diese weiterhin in salzige Strandwiesen übergehen.

Auf Flugsand sind es Gräser, die zuerst festen Fuß fassen, um dann zusammen mit kriechenden Gewächsen und bestimmten Grasarten den Sand festzulegen; darauf entwickeln sich Moos- und Flechtenheide, Triften und salzbüsch. Auch Strandgestrüpp mit Sanddorn als Leitgewächs ist auf Gezigem Boden häufig.

Auf die Flechten- und Moosvereine in der Brandungs- und Spritzerzone sei nur hingewiesen, desgleichen auf die Tang- und Seegrasstufen unter dem Meeresspiegel.

3. Die Höhenstufen (Abb. 44).

Im Mittelgürtel sei der Nadelwald, der über dem Laubwald folgt, als „Höhenwald“ aufgefaßt. Überall ist diese Gliederung vorhanden, in allen Teilen des nördlichen und südlichen Mittelgürtels.

In der Schweiz folgen auf den durch Kastanien gekennzeichneten Wald Buchenwälder bis rund 1200 m, dann kommt der Fichtenwald 12—1800 m, dann Lärchen- und Arvenwald 1800—2100 m.

Die Krüppelholzstufe liegt gemischt mit der Lärchen-Arvenstufe in 2000—2100 m Höhe. Dann schließt sich Gesträuch aus Alpenrosen und Wachholder an, dann die Alpenmatten, in denen Zwergsträucher nicht fehlen, bis zu der oberen Grenze. Moore sind dort nicht selten, selbst Hochmoore. Die Schneegrenze liegt in den Westalpen 3200 m, in den Ostalpen 2400 m hoch.

In den deutschen Mittelgebirgen liegt die Waldgrenze etwa bei 1000 m (Harz) bis 1500 m (Riesengebirge); darüber folgen Krummholz und Matten. Hochmoore sind keine Seltenheit.

In den Pyrenäen liegt der Nadelwald zwischen 1600—2200 m, in der Tatra aber zwischen 1000—1550 m, die Schneegrenze aber bei 2700 m.

In dem Felsengebirge wird die Fußstufe von Prairien gebildet, die bis 1500 m hinaufgeht, dann folgt von 1500—3200 m Nadelwald und schließlich die Krüppelholzstufe mit Krummholz, Gesträuch und Matten. Die Schneegrenze liegt im Süden 3800—4200 m, im Norden 2200—2500 m hoch.

Im Feuerland geht der Buchenwald bis 300 m, dann folgt bis 400 m Zwergwald, den man vielleicht „Höhenwaldstufe“ nennen kann. In 600 m Höhe herrscht Krummholz, in 700—1000 m Höhe, wo der Schnee beginnt, aber Alpenmatten mit Polsterpflanzen, Lebermoosen u. a.

In den nördlichen Gebieten des Waldgürtels ist die Krüppelstufe in Gebirgen — Ural, Skandinavien — als Tundra mit dauernd gefrorenem Boden, mit Moosmooren und Flechtenheide ausgebildet. Die Schneegrenze schwankt in Skandinavien zwischen 1900 m im Süden und 800 m im Norden.

IV. Die Pflanzenvereine der Trockengebiete.

Allgemeine klimatische Verhältnisse.

Die tropischen, subtropischen und gemäßigten Steppen gehen unter Abnahme der jährlichen Niederschläge und Zunahme der regenlosen heißen Monate in Salzsteppen und diese in Wüsten über. Klimatische Grenzen zu geben, ist schwer. Im allgemeinen, kann man sagen, beginnen die Formen der Salzsteppenflora unter dem Gleichen, also bei dauernd heißem Klima, bei etwa 7—600 mm Niederschlag, dagegen in den Subtropen bei etwa 500 mm, am Südrand der Mittelzone aber bei etwa 400 mm Regenmenge. Vergleiche Köppen's Grenzlinie S. 44 und 46.

1. Die Salzsteppen und Wüsten.

Die Salzsteppe hat noch eine ziemlich dichte Decke aus einzelnen Zwergsträuchern, die mit Abnahme der Niederschläge immer vereinzelter werden. In der Wüste spielen die noch stärker verkümmerten Zwergbüsche gegenüber dem kahlen Boden nur eine geringe Rolle. Sie mag bei 350 mm in den Tropen und bei 200 mm überall herrschend werden. Neben dem ausdauernden Krüppelgehölz gibt es eine reiche, feucht wüchsige Regenflora, die

nach starken Regengüssen wie mit Zauberschlag erwacht, sprießt, blüht, reift, um dann schnell zu verdorren und zu verschwinden. Nur die Samen und Wurzelstöcke bleiben lebensfähig im Boden zurück.

Die tropischen, subtropischen und gemäßigten Salzsteppen und Wüsten unterscheiden sich in mancher Hinsicht. In den tropischen Salzsteppen fallen namentlich die Saftgehölze auf, d. h. die Stammsukkulente ohne Blätter, also Kakteen und Euphorbien, die die Höhe und Stärke von Bäumen erreichen können. Auch sonst sind ganz merkwürdige Gewächse dort zu finden, „Karrikaturen“ hat Volkmens die eigentümlichen Gewächse der ostafrikanischen Salzsteppe genannt.

Die subtropischen Salzsteppen haben nur noch kleinere, keine baumartigen Stammsaftgehölze mehr, und es machen sich neben Zwergsträuchern auch die Halbsrüucher, Blattsaftgewächse und starren Gräser geltend. In den gemäßigten Salzsteppen überwiegen Halbsträucher neben harten, beständigen Gräsern und Zwergsträuchern; Stammsaftgehölze treten meist zurück.

Die entsprechenden Wüsten sind lediglich verarmte Salzsteppen, aber unter den ausdauernden Gewächsen sind es vor allem doch die Zwergsträucher, die die größte Widerstandsfähigkeit zeigen.

Die Anpassung an die Dürre besteht, abgesehen von der Saftstauung und dem Zwergwuchs, in Verkleinerung der Blätter, Ausbildung von Dornen, Abscheidung von Salzen und Harzen um Zweige und Blätter, in starker Behaarung, in der Ausbildung sehr tiefgehender Wurzeln, die doch noch die Grundfeuchtigkeit erreichen und unter Entwicklung eines gewaltigen Wurzeldrucks nach oben pumpen.

Salzsteppen und Wüsten sind die Sahara und ihre Grenzländer, Arabien, Syrien, der größte Teil von Iran und dem Indusgebiet, Turan und Turkestan, Hochasien mit seinen Gebirgen bis zur Gobiwüste, von Australien die Mitte, der Westen und Nordwesten, in Südafrika die Karro und Namib bis Südangela, in Südamerika die patagonische Tafel, die Küstengebiete von Peru bis Nordchile und das Andenhochland von Peru, Bolivia, Nordchile, in Nordamerika das nordmexikanische Hochland und der Süden und die Mitte des Felsengebirgshochlandes.

Ortsvereine. Es ist fast ausschließlich die Wasserführung des Bodens, die Unterschiede in der Ausbildung der Pflanzenvereine veranlaßt. Denn die Oberflächengestaltung ist bei regenarmem Klima nicht so einflußreich; erst bei größerer Meereshöhe beginnt der Einfluß infolge Steigerung der Niederschläge deutlich zu werden.

Die Wasserführung des Bodens hängt einmal von der Höhe des Regenfalls, sodann von der wasserhaltenden Kraft des Bodens und schließlich von der Ansammlung von Grundwasser ab, das für die Pflanzen erreichbar ist.

Größere Meereshöhe, das Aufsteigen eines Gebirges, veranlaßt höhere Niederschläge, und so wird die Wüste nach oben hin leicht in Salzsteppe, diese aber in Gras- oder Dornbuschsteppe oder gar Wald übergeben. Örtliche Steigerung des Regenfalls wird in den Gebirgen der Sahara usw. sicherlich oft nachweisbar sein.

Auch mit dem Boden ändert sich die Pflanzendecke sehr häufig. Am trostlosesten sind die mit Steinen gepflasterten Ebenen der Hamada und die Felswände und Schutthänge der Gehirge. Auch die Tonböden sind keineswegs am meisten bevorzugt, eher gilt das für den Sand; denn dieser ist selbst in dem heißen, trockenen Sommer in einigen Dezimetern Tiefe immer etwas feucht. So sind denn gerade zwischen langen Dünenketten, auf dem Sandboden Grasweiden entwickelt, d. h. locker stehende Büschel aus harten Gräsern und Zwergsträuchern, die die Kamele gern fressen.

Weitaus am wichtigsten ist aber die Ansammlung von Grundwasser, das die Wurzeln erreichen. Solche Ansammlungen sind einmal in Wadis, d. h. in trockenen Flußbetten, zu finden; daher besitzen die Wadis ihre eigene Flora. Hier stehen selbst in den wütesten Wüsten einzelne Zwergsträucher, Polsterbüsche, selbst kleine Akazien. In Gebirgen sind die Täler zuweilen mit Gras- und Dornbuschsteppe bestanden, die Berge aber tote Wüste. Beispiele hierfür sind das Hochland von Air und Asben, Tibesti und andere hohe Wüstengebirgsländer.

Sodann sind in die Ebenen der Hamadas, der Ton- und Sandflächen häufig flache Pfannen und Niederungen eingesenkt, in denen sich nicht nur gelegentlich Regenwasser, sondern in geringer Tiefe auch Grundfeuchtigkeit ansammelt. Dort ist dann eine üppigere Pflanzendecke zu finden. — In Wüsten entsteht so Weideland für die Kamele — die Hattiya der Libyschen Wüste — in Salzsteppen Gebüsch, selbst niedrige Bäume. In den Halfasteppen sind solche flache Senken salzhaltig und mit *Artemisia* — Wermuth — bestanden. In der algerischen Sahara heißen solche Pfannen Dais und sind manchmal frisch grün und feucht.

Wo Grundwasser zutage tritt, entwickelt sich Salzsumpf mit einem Rasen von fleischigen Salzpflanzen, ferner Schilf, Gebüsch, Palmendickichte. Teiche und Bäche, die durch austretendes Grundwasser gespeist werden, lassen in den Oasen Wald, Palmenhaine, Grasflächen entstehen, die sich gewöhnlich in tieferen Becken und Einsenkungen finden — Oasen der Libyschen Wüste und algerischen Sahara.

Ganz besonders auffallend ist aber die Entwicklung von Ortsvereinen an Flüssen, die aus regenreicheren Gebieten, z. B. aus Gebirgen oder anderen Klimagebieten als Eindringlinge die Täler der Salzsteppen und Wüsten bewässern. Der Nil, die Ströme von Turan und Turkestan, Euphrat und Tigris sowie Indus seien von uralten, kulturbringenden Strömen hier genannt.

2. Die Höhenstufen (Abb. 44).

Die Gliederung der Wüstengebirge in Höhenstufen ist nicht so klar durchgeführt wie in anderen Gegenden. Am besten faßt man wohl da, wo Höhenwald auftritt, nicht nur die Wüsten und Salzsteppen, sondern auch noch die Steppen, die sich über diesen entwickeln, als „Fußstufe“ zusammen. Die „Höhenwaldstufe“ besteht, wo sie vorkommt aus Nadelwäldern, die z. B. im Atlas und Libanon die berühmten Zedernwälder umfassen. Allein nicht immer kommt es zur Ausbildung eines Höhenwaldes, so z. B. augenscheinlich nicht in dem doch etwa 3000 m hohen Tibesti. Da kann man nur von einer Steppenstufe sprechen, und selbst diese ist wohl nicht selten nur auf die Täler beschränkt.

Über der Wald- bzw. Steppenstufe liegt eine Hochgebirgswüste mit Zwergsträuchern und Polsterpflanzen, — die Puna in den Anden, die Hoch-ebenen von Tibet — und noch höher Eis und Schnee. In Turkestan liegt die Steppe in 500—2500 m, der Wald aber (Nadelwald) 2500—3000 m Höhe. Dann folgen Krüppelholz und Matten. Die Schneegrenze liegt bei 4500—5000 m.

V. Die polaren Pflanzenvereine.

Allgemeine klimatische Verhältnisse.

Die klimatischen Grundlagen sind leicht zu verstehen. Entscheidend sind die kurzen Sommer bei kühler Temperatur, gegenüber dem sehr kalten, zum größten Teil dunklen Wintern. Infolgedessen muß die Pflanzenwelt in ganz kurzer Zeit — Mai bis August, — eigentlich nur im

Juni-Juli — mit Wachsen, Blüte und Samenreife fertig sein. Wegen der niedrigen Lufttemperatur, wegen der kalten, unter dem Einfluß des Eisbodens stehenden Bodentemperatur sind die Pflanzen klein und kümmerlich; auffallend groß und lebhaft gefärbt sind aber die Blüten, und die Wasser aufsaugenden Wurzeln sind wegen der Austrocknungsgefahr mächtig entwickelt.

Die Bodenkälte, die Lufttrockenheit, die kalten Winde bedingen Austrocknungsgefahr und demnach Trockenwüchsigkeit. Harte, steife, lederartige oder nadelförmige Blätter und auch saftige Ausbildung sind demnach häufig. Kugel- und Polsterwuchs sind wie im Hochgebirge und in Wüsten allgemein verbreitet.

Die Hauptwärmequelle ist die Erwärmung des Bodens durch die Sonnenstrahlung. Die Temperaturverhältnisse des Bodens sind sehr eigenartig. Der Unterschied in der Erwärmung der Sonnen- und Schatten-seite, von Erhebungen, von Ebenen oder gar Vertiefungen ist fabelhaft. So hatte ein ebener Flechtenboden nach Kihlmann in Lappland bei 8—9° C Lufttemperatur 14° Wärme, eine Vertiefung 13,5°, ein 30 cm hoher Torfhügel auf der Südseite 24,5° C, ein anderer 30 cm hoher Torfhügel aber 30, 2° C. Dabei begann das Eis überall bereits in 5 und weniger Zentimeter Tiefe. Selbst unter dem Schnee erwärmt sich der Boden. Da die Bodewärme die Hauptwärmequelle ist, so schmiegen sich die Pflanzen dem Boden an, haben Rosettenwuchs und sind ganz niedrig. Daß sie gleichzeitig auf diese Weise gegen Wind geschützt sind, ist auch ein Vorteil. Das Wachstum ist sehr langsam; in Lappland hatte ein 83 mm dicker Wachholderstamm 544 Jahresringe!!

Im Herbst beendet eine starke Frostnacht das Pflanzenleben. Viele Blüten werden abgetötet, viele Samen erreichen nicht die Reife. Die Blüten und Blattknospen sind im Herbst alle schon vorbereitet; so kann es kommen, daß im Frühling über den Schnee ragende Zweige von Zwergsträuchern und Zwergbäumen, von den Strahlen der Sonne erwärmt, zu blühen beginnen, während alle im Schnee steckenden Teile noch steif gefroren sind. Die Schnelligkeit der Entwicklung der Pflanzenwelt im Frühsommer ist ebenso zauberhaft wie in Wüsten nach starkem Regen.

Die Anordnung der wichtigsten Pflanzenvereine entspricht der in der Krüppelholzstufe der Hochgebirge.

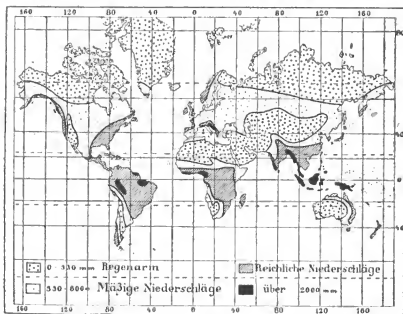
1. Zwergstrauchheide, Tundra und Polarwüste.

An den Wald stößt meist ein durch Krummholz, Gestrüpp und Zwergstrauchheide gekennzeichnete Pflanzenverein. Die Zwergstrauchheide herrscht schließlich, wird aber mit dem Erreichen des ausdauernden Eisbodens von der Tundra mit ihren Moosen und Flechten verdrängt. Noch weiter nördlich oder in größerer Meereshöhe beginnt die Polarwüste mit vereinzelt Büschen und Polstern von Moosen, Zwergsträuchern und Zwergbäumchen, die sich mit Vorliebe über den Spalten des Vieleckbodens ansiedeln. Auf den Felsen aber sind Flechten- und Moosvereine zu finden, da sie Austrocknung so ausgezeichnet überstehen.

Neben den Dauergewächsen lebt in den Tundren usw. eine Jahreszeitflora aus Stauden und Kräutern, die mit der Erwärmung des Bodens erwacht, sich sehr schnell entwickelt, aber klein und kümmerlich bleibt. Nur die reichlichen Blüten sind auffallend groß und farbenprächtig. Mit dem Beginn der Frostnächte verschwinden diese nicht gerade trockenwüchsigen Wärmepflanzen ebenso schnell, wie sie kamen.

Ortsvereine. Alle Stellen, die infolge günstiger Lage zur Sonnenstrahlung durch Bodewärme und gleichzeitig durch reichliche Bewässerung

ausgezeichnet und gegen Austrocknung durch Winde geschützt sind, haben besondere, üppigere Pflanzenbestände. So gehen in Flußtälern mit nassem Boden und Windschutz die Bäume in die Tundra hinein. Auf Island und in Grönland sind örtlich Gebüsch und selbst niedriger Krüppelwald entwickelt. Die Moostundra aus *Polytrichum*- und *Dicranum*-Moosen ist in den nassen



Karte 17. Jährliche Niederschläge.

Niederungen zu finden, wo sich örtlich auch Sphagnum-Hochmoor entwickelt. Dagegen lieben den sonnenbeschienenen, warmen Boden die Flechtenvereine. Werden aber sonnige, warme Abhänge aus irgend welchen Gründen vom Wasser überrieselt, so entwickeln sich dort Wiesen, Triften, „Blumenbeete“, üppige Oasen in der öden Kältesteppe mit ihrer krüppelwüchsigen oder aus Lagerpflanzen bestehenden Pflanzendecke.

In der spärlich bewachsenen Kältewüste mit Wanderschutt und Vieleckboden und fließendem Schlamm müssen die wenigen, krüppeligen Gewächse auch noch einen schweren Kampf mit dem sich bewegenden Boden ausfechten, der ihre Wurzeln zerreißt, sie überschüttet oder bloßlegt. Sie helfen sich durch Ausbildung tiefer Pfahlwurzeln oder durch Bildung von neuen Wurzeln, die aus den unmerklich langsam rollenden Zweigen beständig ausschlagen.

2. Die Höhenstufen.

Die Anordnung der Pflanzenvereine in einem aus Tundren oder Zwergstrauchheiden aufsteigenden Gebirge entspricht der Anordnung im Bereich des Flächengürtels — Krüppelholz und Zwergstrauchheide, Tundra, Kältewüste, Eis und Schnee. In den eigentlichen polaren Gebieten — Franz-Josephs-Land, Spitzbergen, dem größten Teil von Grönland — liegen unter-

halb der Gletscher- und Felsenwelt eigentlich nur Flächen und Böschungen einer „Kältewüste“ mit spärlichen Tundrapflanzen, die sich nur an günstigen Plätzen zu „steppenartigen“ d. h. locker stehenden Vereinen zusammenschließen.

So sehen wir denn, daß gerade so wie in den Trockengebieten auch in den Kältegebieten eine Verarmung und Verkümmern der Pflanzendecke



Karte 18. Klimatische Pflanzenvereine in Europa.

- | | |
|--|------------------------------------|
| C. Subtrop. Höhenwald. | H. Salzsteppen (1) und Wästen (2). |
| D. Subtrop. Hartlaubgehölze. | I. Hochgebirgswästen. |
| E. Steppen des Mittelgürtels. | K. Tundren und Kältewästen. |
| F. Wälder des Mittelgürtels (3 = Nadelwald). | L. Eiswästen. |

zu einer Zweiteilung führt, die man, wenn man will, Tundrensteppe und Tundrenwüste nennen könnte, mit einer trockenwüchsigsten Dauerflora und einer kurzlebigen Regen- bzw. Sommerflora. Die Übereinstimmung zwischen beiden sonst so verschiedenen Klimagebieten ist also auffallend genug.

Kapitel III. Die Erläuterungen zu den Karten der klimatischen Pflanzenvereine.

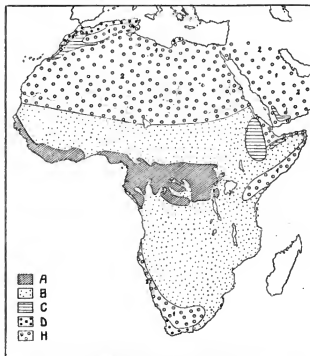
Die Darstellung der Pflanzenvereine ist entsprechend dem kleinen Maßstab nur schematisch. Immerhin geben sie ein Bild der Verhältnisse in großen Umrissen. In Anbetracht der Wichtigkeit der Regenmengen ist

eine Niederschlagskarte noch beigelegt, die regenreichste Gebiete mit über 2000 mm angibt (Karte 17).

1. Europa (Karte 18).

In Grönland tritt der Gegensatz zwischen dem Inlandeis und den Tundrenrändern hervor.

Island ist als Tundrangebiet gezeichnet, allein der SW ist noch waldig. Fels- und Eiswüsten beherrschen die Mitte und den Osten.



Karte 19. Klimatische Pflanzenvereine in Afrika.

A. Tropische Regenwälder.

B. Tropische Gehölz- und Grassteppen.

C. Trop. Höhenwald und Hochweiden.

D. Subtrop. Hartlaubgehölze.

H. Salzsteppen (1) und Wüsten (2).

Bemerkung: In Ruanda (N-Ende des Tanganika) ist versehentlich Regenwald statt Höhenwald und Hochweiden gezeichnet.

In Nordeuropa hebt sich der Tundrengürtel von den Flächen des Nadelwaldes ab. Der Wald — im W und S Laubwald — beherrscht West- und Mitteleuropa sowie das mittlere Osteuropa.

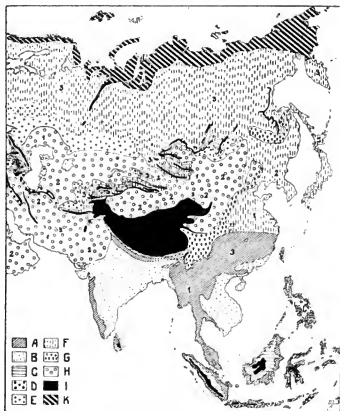
Hier geht das Waldgebiet nach SO. in das Steppengebiet und weiterhin in das der Salzsteppen und Wüsten über. Das Mittelmeergebiet gehört den Hartlaubgehölzen an. Sommergrüne Waldgebieten besitzen nur NW-Spanien und die Gebirge Italiens und der Balkanhalbinsel. Die Inseln der Steppengebieten des inneren Spaniens sind nicht eingezeichnet.

Die Hochgebirgsmatten und -wüsten sind in den Alpen erkennbar.

In Vorderasien unterscheiden sich die Randgebiete mit Hartlaubgehölzen von den Salzsteppen des Innern und von den Gebirgswüsten.

2. Afrika (Karte 19).

Die Gliederung ist scheinbar einfach. Um die tropischen Regenwälder in Guinea und am Kongo legt sich ein Gürtel von Steppen, dann folgt in der Sahara und Arabien und in SW-Afrika ein Trockengebiet mit Salzsteppen und Wüsten. Das Sahara-Trockengebiet zieht sich am Roten Meer und an der Osthornküste bis in das Innere Ostafrikas hinein. Als Hochlandinseln



Karte 20. Klimatische Pflanzenvereine in Asien.

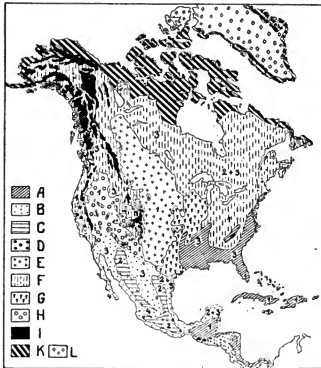
- | | |
|---|--|
| A. Tropischer Regenwald. 1 = echter Regenwald, 3 = trop. bis subtrop. | F. Wälder des Mittelgürtels (3 = Nadelwald). |
| B. Tropische Gehölze u. Grassteppen. | G. Subtropisch-gemäßigtes Parkland. |
| C. Tropischer Höhenwald. | H. Salzsteppen (1) und Wüsten (2). |
| D. Subtropische Hartlaubgehölze. | I. Hochgebirgswüsten. |
| E. Steppen des Mittelgürtels. | K. Tundren und Kältewüsten. |

mit Hochweiden erscheinen Jemen, Abessinien, Somalihochland und Ruanda (versehentlich als Regenwald gezeichnet).

Hartlaubgehölze im Atlas und Barka einerseits, im Kapland andererseits schließen die Reihe ab.

Diese Gliederung gibt aber nur die Pflanzenvereine im Großen. In Wirklichkeit sind nicht nur die Trockengebiete durch Gebirge und Oasenbecken mit besserer Pflanzenwelt unterbrochen, sondern namentlich die

einförmige Fläche tropischer Steppen ist durch Ortsvereine und Klimainseln reich gegliedert. Grasfluren, Baum- und Buschsteppen, Trockenwälder, Parkländer und selbst Regenwaldgebirge wechseln miteinander ab und machen das Bild recht verwickelt. Auf die Höhenstufen, die ja bis zur Gletscherwelt reichen, sei auch nur kurz hingedeutet.



Karte 21. Klimatische Pflanzenvereine in Nordamerika.

- A. Trop. Regenwald. 1 = echter Regenwald, 3 = Tropisch-subtrop. Regenwald.
 B. Trop. Gehölz- und Grassteppen. 2 = Steppenwald, 3 = Gestrüpp.
 C. Trop. Höhenwald. 2 = sommergrüner Wald.
 D. Subtrop. Hartlaubgehölze.
 E. Steppen des Mittelgürtels (1 = subtropisch-gemäßigte Steppen).
 F. Wälder des Mittelgürtels (1 = subtropisch-gemäßigter Laubwald, 2 = sommergrüner Laubwald, 3 = Nadelwald).
 G. Gemäßigtes bis subtropisches Parkland. K. Tundren und Kältewüsten.
 H. Salzsteppen (1) und Wüsten (2). L. Eiswüsten.
 I. Hochgebirgswüsten.

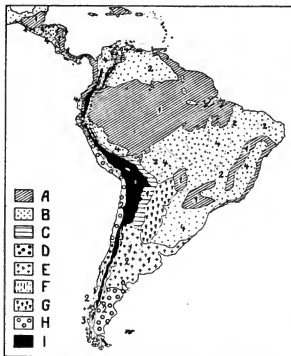
Die Grenze zwischen Steppen und Salzsteppen ist als gerade Linie gezogen und schon diese Linienführung allein beweist, wie schematisch die Darstellung ist; denn eine scharfe Grenze ist eigentlich überhaupt nicht zu ziehen, ebenso wenig wie zwischen Salzsteppen und Wüsten.

3. Asien (Karte 20).

Auf den Tundrengürtel an der Küste folgt das sibirische Waldgebiet, das in sich noch nach Sumpfwäldern gegliedert ist. Es geht im O in das

ostasiatische Waldgebiet über. Am Amur schieben sich aber Gebiete mit Wiesen und Parkland ein. Diese vermitteln den Übergang zum Laubwald der Mandschurei und von Korea und weiterhin zu den subtropisch-gemäßigten Wäldern Nordchinas und Japans.

Aus diesen entwickeln sich die subtropisch-tropischen Regenwälder, die nach Hinterindien, Malakka und die Sundainseln hincingehen. Aber tropische Steppen — nebst viel Regenwald — beherrschen die Südküste Chinas und die Ostseite Hinterindiens.



Karte 22. Klimatische Pflanzenvereine in Südamerika.

- A. Trop. Regenwald. 1 — echter Regenwald.
 B. Trop. Gehölz- und Grassteppen. 2 = Grasflur, 4 Baumsavanne, Parkland.
 C. Trop. Höhenwald. 1 = Nebelwald.
 D. Subtrop. Hartlaubgehölze.
 E. Subtrop. Steppen. 1 = Grasflur, 2 = Gestrüpp (Espinal).
 F. Wald des Mittelgürtels. 1 = subtrop.-gemäßigter Wald, 2 = sommergrüner Laubwald.
 3 = Nadelwald.
 G. Subtrop.-trop. Überschwemmungs-Grassteppen, Wiesen und Parkland.
 H. Trop. bis gemäßigte Salzsteppen (1) und Wüsten (2).
 I. Hochgebirgswüste (Kältewüste von Feuerland).

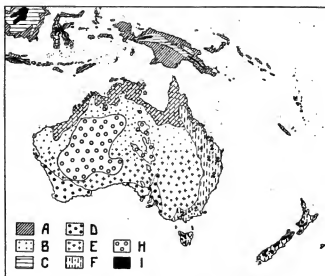
Auf der Westseite geht das sibirische Waldland in Waldsteppen über, auf die Grassteppen, Salzsteppen, Wüsten in den Gebirgen Turkestans aber wieder als Höhenstufe Nadelwälder folgen. Über diesen liegen Hochgebirgsmatten und -wüsten, z. T. mit Schnee und Eis.

Das Steppen- und Salzsteppengebiet beherrscht auch Iran, nur in den Gebirgen Persiens sind Hartlaubgehölze, bzw. Hochgebirgssteppen und -wüsten zu finden.

In Indien gehen die Wüsten und Salzsteppen in tropische Baum- und Grassteppen über. Sie überziehen fast das ganze Land mit Ausnahme des westlichen Küstengebirges und Westceylons. Regenwald bedeckt auch die unteren Gehänge des Himalayas und geht nach oben in Hochgebirgsmatten über.

Das Innere Asiens — Hochasien — besitzt als Kern ein riesiges Hochgebirgssteppen- und -wüstengebiet in Tibet und im Pamir.

Nach O hin vermittelt Parkland mit Wiesen den Übergang zu tropisch-subtropischen Wäldern, nach N und NO hin folgen aber Salzsteppen und



Karte 23. Klimatische Pflanzenverteilung in Australien.

- A. Trop. Regenwald.
- B. Trop. Gehölz- und Grassteppen.
- C. Trop. Höhenwald.
- D. Subtrop. Hartlaubgehölze.
- E. Subtrop. Steppen.

- F. Wälder des Mittelgürtels. 1 = subtrop. gemäßigter Wald, 2 = sommergrüner Laubwald.
- H. Salzsteppen und Wüsten.
- I. Hochgebirgswüste.

Wüsten, die das Tarymbecken, die Gobi und Mongolei einnehmen. Ein Kranz waldiger Hochgebirge oder Grassteppen schließt das gewaltige Trockengebiet ab. Auch in seinem nördlichen Teil entwickelt dieses nach O gegen das ostasiatische Waldland hin ein Park- und Wiesenland.

Auf den Sundainseln kommen neben den Regenwäldern auf der Karte Hochgebirgs-Steppen und -Wüsten zum Ausdruck. Die Trockenwälder Ostjavas sind aber nicht besonders dargestellt.

4. Nordamerika (Karte 21).

Im N herrscht die Tundra, dann folgt der Nadelwald und dann der gemischte Laub- und Nadelwald. Dieser geht auf der Ostseite in subtropisch-gemäßigten Laubwald und dann in subtropischen Regenwald über. An der Spitze von Florida ist der Regenwald schon tropisch.

Von den Oststaaten nach W folgen auf Parkland und Wiesen die gemäßigten bis subtropischen Grassteppen.

Im Felsengebirgszug sind Nadelwälder auf den unteren Gehängen, Hochgebirgswüsten oben auf den Gebirgen, Salzsteppen und Wüsten in dem inneren Becken bezeichnend. Hartlaubgehölze fallen in Californien auf. Diese Salzsteppen gehen in Nordmexiko in tropische Gestrüppsteppen über, aus denen sich weiterhin Trockenwälder entwickeln. Auf den Gebirgen Mexikos aber sind auf der Karte Hochgebirgssteppen und trockene Wälder eingezeichnet, nicht aber die Inseln der Hochgebirgswüsten.

In Mittelamerika sind tropische Regenwälder und Steppen in buntem Wechsel verteilt. Nur schematisch ist ihre Verteilung angedeutet. In Yukatan sind Baumsteppen und Gestrüpp durch B 2+3 ausgedrückt, auf der Südamerikakarte in Mittelamerika auch Trockenwälder (B 4).

5. Südamerika (Karte 22).

Um das Regenwaldtiefland Amazoniens legt sich ein Ring von tropischen Steppen, die freilich am Andenrand nur sehr schmal sind. Guayana und das mittlere und südliche Brasilien sind durch solche tropischen Steppen von verschiedenem Aussehen und z. T. von Waldgebieten unterbrochen, namentlich in Ostbrasilien.

Das südbrasilianische Steppen- und Trockenwaldgebiet geht nach S in Grasflur (Pampas E1) über, und aus dieser entwickelt sich die Espinal genannte Gestrüppformation und in den gemäßigten Breiten die Salzsteppen Patagoniens.

Eigenartig — besonders wegen des hohen Grundwasserstandes — ist das tropisch-subtropische Parkland des Chacos mit Überschwemmungs-Grassteppen von Steppenform und Sumpfwiesen.

In den Anden fallen einmal der Zug der Hochgebirgswüsten (Puna), sodann die Salzsteppen und Wüsten der Westseite und die Gebirgsnebelwälder (C') der Ostseite auf.

In Chile gehen die Wüste und Salzsteppe nach Shin in ein Dornbusch-Kakteengebiet über, aus dem sich weiterhin Hartlaubgehölze, die aber in den Gebirgen mit Buehen gemischt sind, entwickeln. Diese verwandeln sich in subtropisch-gemäßigten Laubwald und weiterhin in Laub- und Nadelwald des Mittelgürtels. Auf den Gebirgen aber sind Matten und Tundren zu finden, die nach S hin immer tiefer hinabrücken und im Feuerland vorherrschen.

6. Australien (Karte 23).

Im Sundagebiet herrscht unten der Regenwald, auf den Höhen der Nebelwald, über dem Hochgebirgsmatten und -wüsten folgen können. In Neu-guinea ist die Grasflur im Bereich des Oberlaufes des Ramu und Markhamflusses eingetragenen worden. Auf dem Festland nimmt den Norden ein Mischgebiet von Regenwald und Steppenwald ein, an der Ostküste herrschen subtropisch-gemäßigte und im Süden und auf den Gebirgen gemäßigte Laubwälder (F2). Dasselbe gilt für Tasmanien und Neuseeland, wo überall auf den Gebirgen noch die Gebirgsmatten und selbst Wüsten mit sehr bezeichnenden 101sterpflanzen auftreten. Während in der SW-Ecke und in Südastralien im Küstengebiet die Hartlaubgehölze herrschen, nehmen Steppen und Wüsten das Innere ein. Von N nach S gehen in der östlichen Hälfte die tropischen Steppen in die subtropisch-gemäßigten Steppen über. In der Mitte und im W dagegen schieben sich Streifen von Salzsteppen und selbst Wüsten dazwischen. Die Karte zeigt aber diese Verhältnisse nur in vereinfachter, schematischer Form.

Teil IV. Die Tierwelt

von

Dr. Alexander Sokolowsky,

Direktorial-Assistent am Zoologischen Garten in Hamburg.

Einleitung.

Eine Anzahl von Einflüssen bedingt einmal eine verschiedene Verteilung der Tierwelt über die Landschaften der Erde hin, bewirkt aber auch die Ausbildung bestimmter körperlicher und geistiger Eigenarten.

Die Abhängigkeit der Tiere von den Einwirkungen der Umwelt ist zunächst auf physikalisch-chemische Bedingungen zurückzuführen.

Das Klima hat dabei einen großen Anteil. Durch die Einflüsse der Sonnenwärme und des Lichtes werden den Tieren im Verein mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft Grenzen ihres Vorkommens gezogen. Die Temperaturschwankungen, die physikalische Beschaffenheit der Luft bewirken bei den Tieren ein Maximum und Minimum ihrer Lebenstätigkeit. Diese Einflüsse bestimmen die Ausbreitung der Tiere nach wagerechter und senkrechter Richtung. Die steigende oder abnehmende Temperatur in den einzelnen Lebensgebieten der Erde verlangt von den Geschöpfen, die sie bevölkern, eine erstaunliche Fülle von Anpassungen, die auf eine Gewöhnung an den Temperaturwechsel hinauslaufen. Viele Tiere wissen der übermäßigen Einwirkung der Wärme durch dünne Hautbekleidung und durch Zurückziehen in kühle Schlupfwinkel zu begegnen. Sie führen eine nächtliche Lebensweise, ruhen am Tage und gehen mit Untergang der Sonne ihren Lebensgewohnheiten nach. Andere Tierarten haben sich den Einwirkungen der Kälte angepaßt. Um ihren schädigenden Einflüssen zu entgehen, sind sie mit schützender Hautbedeckungen ausgestattet. Ein dichtes Haarkleid, sowie eine dicke Speckschicht bilden z. B. eine wärmende, die Körpertemperatur erhaltende Hülle. Durch solche Einrichtungen gegen die Unbilden der Witterung ausgerüstet, haben sich zahlreiche Tierarten ein Verbreitungsgebiet bis in die Landschaften der nord- und südpolaren Eis- und Schneeregionen erobert.

Andere Arten haben den Aufstieg in die Gebirgslandschaften, durch zahlreiche Anpassungen geschützt, über die Schneegrenze hinaus bis in die Region des ewigen Schnees unternommen. Aber die Temperatur ist es durchaus nicht allein, sondern auch die Feuchtigkeitsverhältnisse der Luft, der Luftdruck, kurz die verschiedenen Erscheinungen, die in ihrer Gesamtheit das Klima ausmachen, wirken auf die räumliche Verteilung der Tierwelt ein.

Der Boden. Einen wesentlichen Einfluß übt auch der Boden aus. Seine Beschaffenheit und Zusammensetzung — Fels, Ton, Sand usw.,

seine Aufnahmefähigkeit für Wasser-, Schlamm- und Sumpfboden — und Fähigkeit, auszutrocknen, alle diese Einflüsse veranlassen unzählige Anpassungen, ohne die die Tiere den Kampf ums Dasein nicht bestehen könnten. Laufende, grabende und kletternde Tiere bilden sich aus, deren Körperbau, sei es durch Laufen auf Erd- und Sandflächen, sei es durch Klettern auf steinigem und felsigem Gelände, eine möglichst rasche Fortbewegung auf dem Boden oder ein schnelles Einwühlen und Eingraben gestattet.

Das Wasser. Einen großen Anteil an der Verbreitung der Tiere in der Landschaft und an ihrer Lebensmöglichkeit überhaupt hat auch das Wasser. Seine Verteilung auf der Erde in der Form von Niederschlägen, ihre Ansammlung zu fließenden und stehenden Gewässern, mag es sich dabei um Flüsse, Bäche, Quellen, Seen, Teiche, Tümpel des Landes oder um das Meer und seine Küsten handeln, sie alle bieten den Tieren die mannigfaltigsten Lebensmöglichkeiten und verursachen eine Fülle der verschiedenartigsten Anpassungen nach Körperbau und Lebensgewohnheiten.

Die Pflanzenwelt. Den schwerwiegendsten Einfluß auf die Lebensmöglichkeiten, auf die Ernährung und die Verbreitung der Tiere übt aber die Pflanzenwelt aus. Von den Pflanzen als Nahrungsquelle ist mittelbar oder unmittelbar die gesamte Tierwelt abhängig, und zwar nicht nur die Pflanzenfresser, sondern auch die Fleischfresser, die sich von den ersteren ernähren. Da die Pflanzenwelt von dem Klima, von der Beschaffenheit des Bodens, namentlich aber von der Verteilung der Feuchtigkeit und des Wassers abhängt, sind die Tiere in doppelter Hinsicht von dem Klima abhängig.

Unaufzählbar sind die Anpassungen der Tiere, um sich die Pflanzen nach verschiedenen Richtungen hin als Nahrungsquelle nutzbar zu machen. Nicht minder sind die Einrichtungen auffallend, die eine schnelle Fortbewegung oder ein Verstecken in der Pflanzenwelt ermöglichen. Z. T. handelt es sich dabei um Klettern oder Springen von Baum zu Baum, z. T. aber um Hüpfen durch Steppen und Grasfluren. In den Tropen, in denen die Pflanzenwelt ihr üppigstes Gedeihen zeigt, läßt auch die Tierwelt ihre größte Entfaltung erkennen. Mit der Richtung nach den Polen zu verliert sich der Reichtum an Pflanzen, wie auch an Tierarten. Dort, wo die klimatische und geologische Beschaffenheit der Umwelt ein Gedeihen der Pflanzen erschwert oder ausschließt, erstirbt auch die Tierwelt. In den Sand-, Fels- und Eiswüsten z. B. zeigt auch das Tierleben eine nur geringe Entfaltung.

Das Verhältnis der Tiere zueinander. Eine wesentliche Rolle in der Verteilung der Tiere und ihrer Wirkung in der Landschaft spielen auch die Beziehungen der Tiere zueinander, mag es sich dabei um ihr Verhältnis zu Artgenossen, oder zu ihnen freundlich gesinnten, artfremden Geschöpfen handeln. Die Geselligkeitsverhältnisse, ihr Leben als Einzelwesen, ihre Zusammenrottung zu größeren oder kleineren Verbänden, Herden, Schwärmen, Rudeln, Scharen, haben oft Beziehungen zu den Verhältnissen der Landschaft. Unter ihrem Einfluß bilden sich Schutz- und Trutz-, Schreck- und Anziehungseinrichtungen aus. Schutzfarbe und Schutzzeichnung, Waffen- und geschlechtliche Anreizmittel sind auf diese Weise bei ihnen entstanden. Auch auf die Entwicklung und Ausbildung der seelischen Anlagen der Tiere haben die gegenseitigen Beziehungen von Tier zu Tier stark eingewirkt. Aber auch ihr Aufenthalt inmitten der Landschaft läßt deutliche Einwirkung auf das Seelenleben erkennen. Waldtiere sind z. B. seelisch anders beanlagt als Bewohner der offenen Landschaft, Gebirgsbewohner zeigen seelische Unterschiede von denen der Ebene, ganz wie beim Menschen.

Einfluß des Menschen. Schließlich ist noch der Einfluß des Menschen auf die Verteilung der Tiere in der Landschaft zu nennen. Als Naturmensch beeinflußt er das Gleichgewicht von Vernichtung und Entstehung in der Schöpfung nicht wesentlich, aber als Kulturmensch ruft er tiefgreifende Veränderungen in der Zusammensetzung und Zahl der Tiere hervor.

Gliederung des Stoffes. Um die Tierwelt in ihrer Verbreitung in der Landschaft von großen, allgemeinen Gesichtspunkten aus zusammenfassend zu schildern, wird man zweckmäßigerweise unter Berücksichtigung aller der genannten Einflüsse eine Einteilung nach ihren natürlichen Wohngebieten als Grundlage ihrer Verteilung in der Landschaft wählen.

Pflanzenwelt und Klima, Boden und Oberflächengestaltung, das Wasser des Landes und die Meere und ihre Küsten sind in erster Linie maßgebend. Demnach sei folgende Einteilung gewählt:

- I. Die Tiere der Waldlandschaften.
- II. Die Tiere der offenen Landschaften.
- III. Die Tiere der Höhenstufen.
- IV. Die Tiere der Polarländer.
- V. Die Tiere der Gewässer.
- VI. Die Tiere der Luft.
- VII. Die Tiere der Kulturlandschaften.

Kapitel I. Die Tiere der Waldlandschaften.

1. Allgemeines.

Der Wald als Lebensraum stellt an die Tierwelt besondere Anforderungen. Die klimatische Beschaffenheit der Länder, in denen sich der Wald ausbreitet, die Bodenbeschaffenheit, die Temperatur und Feuchtigkeitsverhältnisse, die Tief- oder Höhenlage des Waldes, üben großen Einfluß auf die Zusammensetzung, das Gedeihen und die Ausbreitung der Pflanzenwelt, aus welcher der Wald besteht, aus. Damit ist für die Tiere als Bewohner des Waldes eine unendliche Mannigfaltigkeit der Daseinsbedingungen in diesem Lebensraum gegeben.

Größe des Waldes. Ausgedehnte Waldungen üben einen besonders großen Einfluß auf die Zusammensetzung, Bau und Lebensgewohnheiten der sie bewohnenden Tiere aus. Eigentliche Waldtiere kommen nur in solchen gewaltigen Pflanzenansammlungen so recht zur charakteristischen Ausbildung. In ihnen läßt sich eine Tierwelt des Waldinnern von einer solchen des Waldsauces unterscheiden. Bei weniger ausgedehnten Waldungen erweist sich dieser Unterschied als nicht so bedeutend, da in diesem Falle der Wald als Lebensraum in seinem Umfang beschränkt ist und dadurch überall mit der ihn umgebenden offenen Landschaft in engerer Beziehung steht. Es zeigen daher die Bewohner von Wäldern mit parkartiger Beschaffenheit in Körperbau und Lebensweise Übergänge zu denen der offenen Landschaft. Von hervorragender Bedeutung für das Tierleben ist der Zustand der Dichte der Waldungen. Dichte, geschlossene Wälder, die sich weit ausdehnen, sind verhältnismäßig tierarm, da die Tiere dem Lichte zustreben und sich mehr den Waldrändern zuwenden. Der dichte Baumbestand bietet auf der anderen Seite vielen Tieren geeignete Zufluchtsorte, in denen sie sich zurückziehen, um der Gefahr von Feinden zu entgehen oder sich den Einflüssen der

Witterung zu entziehen. Lichte Waldungen bieten weit weniger günstige Verstecke, doch sind ihre Nahrungsquellen weit ergiebiger, da unter dem Einfluß des Lichtes die Pflanzenwelt, die den Unterwuchs bildet, üppiger gedeiht und auch der Insektenreichtum, der für viele Tiere als Nahrung maßgebend ist, dort ein größerer ist.

Stufen des Waldes.

Bodenstufe. Als unterste Stufe des Lebensraumes im Walde muß die Bodenstufe aufgefaßt werden. Die Zusammensetzung des Waldbodens übt namentlich auf das Vorkommen und die Verbreitung niedriger Tiere sichtlichen Einfluß aus. Humusreicher, von einer dichten Blätterlage bedeckter Waldboden bietet zahlreichen Geschöpfen Unterschlupf, auch gestattet er grabenden und wühlenden Tieren eine günstige Bearbeitung durch Wühlen, Graben und Scharren. Sandiger Waldboden ist in dieser Hinsicht entschieden ungünstiger, obwohl er ebenfalls von zahlreichen Tieren bewohnt wird. Moosüberzug, kleine Kräuter und Gräser, sowie namentlich Beeren tragende Pflanzen von strauchartiger Beschaffenheit, sowie auch Pilze, die auf feuchtem Waldesgrund sich besonders zahlreich entwickeln, bedeuten für zahlreiche Waldbewohner Wohnraum, Unterschlupf und Nahrung.

Unterholzstufe. Als zweite Lebensstufe im Walde ist die der Sträucher und Büsche aufzufassen. Diese ist so recht geeignet, zahlreichen mittelgroßen Waldbewohnern Zufluchtsorte zum Verstecken, sowie auch Lagerstätten zu bieten. Zahlreiche Vögel benutzen die Sträucher und Büsche des Waldes als Brutstätten, vielen anderen Geschöpfen dienen diese Pflanzen als Nahrung. Je nach dem Vorhandensein oder Fehlen des Unterholzes, sowie nach dessen Zusammensetzung und Entfaltung zeigt der Wald als Wohnstätte für zahlreiche Tiere eine besondere Eignung.

Stammstufe. Auch von einer Stammstufe läßt sich reden. Viele Tierarten beschäftigen sich als Wohnstätten, sowie als Nahrung mit dem Stamm und mit der Baumrinde. Zahlreiche beißende und bohrende Insekten gehen die Rinde an, um sich davon zu nähren oder Gänge und Hohlräume darin zu bohren als Wohnraum für sich oder ihre Larven. Hohle Bäume, deren Höhlungen sich an der Bodenstufe zwischen Wurzel und Stamm befinden, geben vielen Waldtieren geeignete Schlupfwinkel. Namentlich Raubtiere verstecken sich darin. Nicht nur kleinere Arten, wie der Fuchs, sondern auch große Räuber, wie der Bär, bewohnen solche Baumhöhlen mit Vorliebe. Befinden sich die Baumhöhlen im Stamm der Bäume über dem Boden, so dienen sie zahlreichen kleinen Säugetieren, wie Bilchen, Eichhörnchen u. a., sowie vielen in Baumhöhlen brütenden Vögeln als Wohnraum.

Baumkronenstufe. Die für seine Bewohner wichtigste Stufe des Waldes ist die der Baumkrone. Hier spielt sich das reichste Tierleben ab. In dieser Laubzone finden sich die eigentlichen Baumierte, die als ausgezeichnete Kletterer eine hochgradige Anpassung an den Baumaufenthalt erkennen lassen. Ein großer Unterschied in der Zusammensetzung des Tierlebens in ihr besteht darin, je nach dem sich der Wald aus Laubbäumen oder Nadelhölzern zusammensetzt. Auch der gemischte Bestand läßt in seiner Tierbevölkerung Eigenheiten erkennen, indem sich darin Tierarten vorfinden, die die eine oder die andere Baumform bevorzugen. Es leben darin aber auch Arten, die sich im reinen Laub- wie im Nadelwald heimisch fühlen.

Wälder in verschiedenen Klimaten. Die üppigste Entfaltung des Laubwaldes findet sich in den Tropen. Die hohe Wärme und die

dauernde Feuchtigkeit läßt hier einen gewaltigen Pflanzenwuchs entstehen. Die Bäume erreichen im Tropenwald nicht nur eine riesige Höhe, sondern der Raum vom Boden bis zu den Wipfeln ist vom Pflanzenleben ausgenutzt, soweit nur das Sonnenlicht eindringt. Oft finden sich 4 bis 5 Stockwerke von Krönen übereinander vom Boden bis zur Oberfläche des Waldes. Zahlreiche Lianen schlingen sich von Ast zu Ast und auf den Ästen siedeln sich Epiphyten an, so daß jedes Fleckchen ausgenutzt erscheint. Die Lebens- und Ernährungsmöglichkeiten der Bewohner des Tropenwaldes sind daher die denkbar mannigfaltigsten. Überhaupt erweisen sich die klimatischen Einflüsse von größter Bedeutung für die Ausbildung der Pflanzenwelt und dadurch bedingt auch für die Tierwelt, die den Wald bewohnt, weil sich dadurch für diese die verschiedenartigsten Lebensbedingungen herausstellen. Licht, Wärme, Regen und Wind in ihrer mannigfaltigen Verteilung, bedingt durch die geographische Lage des Landes und seiner klimatischen Beschaffenheit, erzeugen die verschiedenartigste Vegetation und üben ihren mächtigen Einfluß auf die Zusammensetzung und Verbreitung der in den verschiedenen Wäldern hausenden Tiere aus. Auch der davon abhängige Jahreszeitwechsel, der sich je nach der geographischen Lage der Länder durch Trocken- oder Regenperiode, sowie durch Sommer oder Winter mit seinen Übergangszeiten geltend macht, üben großen Einfluß auf das Tierleben aus. Dieser Wechsel zwingt zahlreiche Tiere zu einem Sommerschlaf, um der Trockenperiode oder einem Winterschlaf, um der Kälte zu entgehen und treibt viele Tiere auf die periodische Wanderschaft.

Baumformen und -arten. Auch die Formen der Bäume, sowie die Gestaltung der einzelnen Pflanzenteile, der Stämme, Äste, Blätter und Blüten, ist für das Vorkommen und die Verteilung der Tiere, sowie für ihre Anpassungserscheinungen zur Ausnutzung dieser Lebensquellen von Wichtigkeit. Blüten und Blätter bieten nicht nur zahlreichen Tieren Nahrung, sondern sie sind auch der Sitz vieler Tierarten, die sich diesen Aufenthaltsorten durch besondere körperliche Einrichtungen angepaßt haben.

Das Walddach. Auf der Oberfläche des Waldes, dort, wo die Lichtfülle die hochragenden Wipfel der Bäume überflutet, spielt sich auch ein reges Tierleben ab. Zahlreiche Insekten schwirren dort umher, verfolgt von insektenfressenden Vögeln, welche ihrerseits wieder den über dem Wald kreisenden Raubvögeln zum Opfer fallen.

Lichtungen. Besonderheiten der Lebensbedingungen zeigen die Lichtungen im Walde. Durch den Einfluß des Lichtes zeigt hier die Pflanzenwelt eine andere Zusammensetzung und ein besonders üppiges Gedeihen. Dementsprechend verhält sich hier auch die Entfaltung der Tierwelt. Sie ähnelt in ihrer Zusammensetzung der des Waldsaumes. Namentlich erweist sich hier das Insektenleben besonders reich entwickelt, welches wiederum eine diesbezügliche Ausbildung des Tierlebens nach sich zieht. Aber auch viele Säugetiere treten aus dem Waldinnern in die Lichtung hinaus, ferner sind hier viele Reptilien und Amphibien, unter den ersten Schlangen und Eidechsen, anzutreffen.

Höhenstufen. Aber nicht nur nach horizontaler, sondern auch nach vertikaler Richtung hin zeigt der Wald als Lebensraum für die Tierwelt besonderes Gepräge. Der Gehirgswald unterscheidet sich von dem der Ebene nicht nur in der Zusammensetzung seines Pflanzenbestandes, sondern auch in der seiner tierischen Bewohner. Je nach der geographischen Lage des Landes, sowie nach der Höhenstufe des Gebirges, auf welcher sich der Wald befindet, zeigt er in der Zusammensetzung seines Tierlebens ein verschiedenartiges

Gepräge. Hier ist es nicht nur der Charakter der Vegetation und die mehr oder minder zahlreiche oder spärliche Verteilung derselben über das Gebirge, sondern auch die Temperatur der Höhenlage, sowie die Beschaffenheit des Bodens, welche die Bewohner des Gebirgswaldes in Körperbau und Lebensgemeinschaft beeinflussen. Viele Bewohner der Schneeregion suchen im Winter den schützenden Wald als Aufenthaltsort auf, während auf der anderen Seite zahlreiche Tiere der Ebene in die Gebirgswälder hinaufsteigen, um sich dort an der ihnen zusagenden Nahrung gütlich zu tun.

Das Wasser der Wälder. Die Wasserverteilung im Wald beeinflusst wesentlich das Vorkommen und die Verbreitung der Tiere. Schon die Niederschlagsmenge, die den Pflanzenwuchs fördert, wirkt auf die Zusammensetzung und Zahl der Tiere ein. Namentlich sind es aber Flüsse, die den Wald durchschneiden, deren Einflüsse von großer Bedeutung für das Tierleben des Waldes sind. Sie bieten den Tieren nicht nur Tränk- und Badegelegenheit, sondern verhalten sich, indem sie den Wald teilen, ähnlich wie Lichtungen. Die Flußufer sind dem Lichte ausgesetzt und wird dadurch das Pflanzenleben gefördert, was wiederum eine Entfaltung des Tierlebens nach sich zieht. Aus dem Waldinnern treten zahlreiche Tiere, namentlich zur Nachtzeit, an die Flußufer hinaus, um sich zu trinken und zu baden, verfolgt und belauert von ihren natürlichen Feinden. Auch am Waldbach spielt sich ein regeres Tierleben als im Waldinnern ab. Waldseen, die inmitten umfangreicher Waldungen liegen, beherbergen häufig eine mannigfaltige Tierwelt, die das Wasser als Bade- und Tränkstätte, sowie als Tummelplatz benutzt, sich vielfach aber auch von den auf dem Wasser schwimmenden Wasserpflanzen nährt.

Sumpfige Wälder haben als Lebensraum für die Tierwelt besonderes Gepräge. Sie gewähren den Tieren Wühl- und Suhlgelegenheit, verlangen aber im Körperbau besondere Anpassungen, damit die Tiere im Sumpf und Merast umherwaten können und nicht Gefahr laufen einzusinken. Auch ist die Zusammensetzung der Pflanzenwelt hier eine andere, wodurch den Tieren andere Nahrungsmöglichkeiten geboten werden. An den schlammigen Ufern ruhiger Meeresbuchten der Tropen wächst eine Gehölzformation, die der Mangroven-Sumpfwälder, die zwischen dem Gewirr ihrer Stelzwurzeln, die während der Flut überschwemmt sind, einer eigenartigen Tierwelt als Lebensraum dient.

Schließlich sei auch des Überschwemmungswaldes gedacht, der vielen Tierarten Lebensmöglichkeiten bietet. Durch die Entwicklung zahlreicher Würmer und Mollusken wird hier namentlich den Vögeln eine reiche Nahrungsquelle geboten.

So gewährt der Wald in seiner großen Mannigfaltigkeit, bedingt durch die verschiedenartigsten Faktoren, einer überaus reichen und verschiedenartig gestalteten und beanlagten Tierwelt Aufenthalt und Leben.

2. Der Einfluß des Waldes auf die Tiere.

Allgemeiner Charakter. Die Walddierassen in ihrem Körperbau zahlreiche Einrichtungen und Merkmale erkennen, die sich als Anpassungen an ihren Lebensraum erweisen. Durch die Fülle der Pflanzenwelt sind die Wälder trotz ihrer oft großen Ausdehnung als Tummelplatz der Tiere nicht beliebt, weil der dichte Pflanzenwuchs eine schnelle Fortbewegung, wie sie in freiem Gelände möglich ist, verhindert oder doch verringert. Es finden sich daher unter den Tieren des Waldes keine eigentlichen Läufer, obwohl viele von ihnen flüchtigen Fußes der Gefahr zu entleiben vermögen. Der Wald beherbergt demnach wohl flinke Geschöpfe aber nicht Dauer-

läufer, wie in den Steppen und Wüsten. Die Gliedmaßen der Waldtiere zeigen daher nicht den schlanken Bau, wie die der eigentlichen Lauftiere. Eine andere bezeichnende Erscheinung ist die Kleinwüchsigkeit. Die Waldsäugetiere sind gedrungen gebaut und fügen sich in die engen Raumverhältnisse des Waldes ein. Waldelefanten, Waldbüffel, Waldflußpferde u. a. mehr sind kleiner als ihre die Steppen bewohnenden Verwandten.

Der Wald bietet seinen tierischen Bewohnern die verschiedenartigsten Lebensbedingungen. Nach der Art ihrer Lebensgewohnheiten lassen sich Boden- und Baumtiere unterscheiden. Dazwischen gibt es viele Tiere, die, obwohl sie den größten Teil ihres Lebens auf dem Boden zubringen, dennoch Kletterfähigkeit besitzen und zwecks Erlangung der Nahrung die Bäume und Sträucher des Waldes vorübergehend besteigen. Diese bezeichnet man am besten als neutrale Tiere.

Entsprechend den verschiedenen Lebensbedingungen sind auch die körperlichen Merkmale der Waldtiere verschiedenartig entwickelt. Dementsprechend läßt auch die Lebensweise eine außerordentliche Mannigfaltigkeit erkennen.

Bodentiere. Die auf dem Boden lebenden Tiere zeigen in ihrem anatomischen Bau im allgemeinen keine extremen Bildungen, da das Gewinnen ihrer Nahrung verhältnismäßig gleichförmig ist. Sie sind von kleinem Körperbau, auch ist ihr Körperkleid wenigstens im dunklen Urwald, in düsteren Farben gehalten, da der Gegensatz von Licht und Schatten auf dem Boden keine bedeutende Rolle spielt. Sie verborgen sich hinter Baumwurzeln, Kräutern und Sträuchern und benutzen Erd- und Baumhöhlen als Verstecke. Ausgeprägte Bodentiere sind dem Boden einseitig angepaßt. Sie sind häufig mit Grab- und Wühlorganen versehen, um Knollen und Wurzeln aus dem Waldboden zu scharren.

Neutrale Tiere. Viele Tiere begnügen sich aber nicht mit dem, was ihnen der Waldboden bietet, sondern steigen auf die Bäume und Sträucher hinauf, um sich von Blättern, Blüten und Früchten zu nähren. Sie haben das Klettern gelernt und können sich durch Anpassung zu mehr oder weniger geschickten Kletterern entwickeln, leiten mithin zu den eigentlichen Baum- und Klettertieren hinüber. Den friedlichen Pflanzenfressern der Bäume müssen aber ihre natürlichen Feinde, die Raubtiere, folgen, die gezwungen sind, eine zeitweise bäumende Lebensweise zu führen. Ein ausgezeichnetes Beispiel bietet die Säugetierfauna Madagaskars: Die Halbaffen sind ausgeprägte Baumbewohner, die mit großer Gewandtheit von Baum zu Baum springen. Ihnen folgt die marderartig gebaute *Fossa* in nicht minder gewandten Sprüngen. Auch Leopard und Jaguar folgen den Affen in ihre luftigen Zufluchtsorte.

Baumtiere. Die eigentlichen Baumtiere haben sich gleich den Bodentieren einseitig für ihre bestimmte Lebensaufgabe spezialisiert. Sie zeigen in ihrem Körperbau die verschiedensten Anpassungen, um in den Kronen der Bäume günstige Lebensbedingungen zu finden. Man kann daher die vorhandenen Tiere der Stamm- und Kronenstufe recht gut von denen der Bodenseite unterscheiden. Viele Säugetiere sind mit scharfen Krallen versehen, um sich an den Stämmen und Zweigen festhalten zu können. Gewandte Kletterer, wie die Affen, haben lange Vordergliedmaßen, mit denen sie sich von Baum zu Baum schwingen können.

Da für zahlreiche Tiere des Waldes das Klettern Lebensbedürfnis geworden ist, hat sich die Fähigkeit hierzu bei ihnen auf verschiedene Weise ausgebildet. Als Greifkletterer sind solche Tiere, wie die Affen und Halbaffen, zu bezeichnen, deren Gliedmaßen zu Greifwerkzeugen umgebildet sind, wobei der Daumen opponierbar ist. Die Vordergliedmaßen sind dem-

nach bei diesen Tieren wie beim Menschen Greifhände, mit denen sie Äste und Zweige umfassen können. Obwohl ihr Fuß anatomisch als echter Fuß aufzufassen ist, ist er durch die Opponierbarkeit der großen Zehe ein Glied zum Greifen geworden. Er wird daher am besten als „Greiffuß“ bezeichnet. Ausgezeichnete Ausbildung der Gliedmaßenmuskulatur und erstaunliche Gelenkigkeit sind diesen Baumbewohnern eigen.

Als Unterstützung dieser Greifwerkzeuge bei ihrer Funktion hat sich bei vielen Bauntieren ein Greifschwanz entwickelt, der als „fünfte Hand“ wirksam ist. Einen solchen Greifschwanz besitzen unter den Säugetieren Beutelratten, Wickelbären, Palmenroller, Baumstachelschweine, sowie die südamerikanischen Baumaffen: Kapuzineraffen, Klammeraffen, Brüllaffen u. a. m. Manche dieser Affen, wie die Klammeraffen, sind so geschickt, daß sie damit Gegenstände aufnehmen können.

Viele Baumsänger benutzen ihren Schwanz beim Springen als Balancierstange. Das ist bei den langschwänzigen Affen und Raubtieren, die den Wald bewohnen, der Fall. Oft ist der Schwanz buschig, und fördert dadurch die Gleitbewegung durch die Ausbreitung der Haare beim Sprunge. Im Gegensatz zu den Greifkletterern kann man daher diese Geschöpfe als Spring- und Schwehekletterer bezeichnen. Sie haben stark verlängerte Hintergliedmaßen und tragen häufig, wie die Colobusaffen, einen langen Haarbehang, der gleichsam als Fallseil dient. Bei den eichhornartigen Flughörnchen (*Anomalurus*), die in den Wäldern Westafrikas leben und niemals auf den Boden kommen, hat sich zwischen Gliedmaßen und Körper eine Flughaut entwickelt. Diese fallschirmartige Vorrichtung wird noch durch den buschigen Schwanz unterstützt, so daß die Tiere damit von Baum zu Baum gleiten. Zum eigentlichen Flugwerkzeug hat sich der Fallschirm bei den Flattertieren oder Fledermäusen (*Chiroptera*) entwickelt, die von kletternden Insektenfressern abstammen. Sie sind auch zum Klettern und Sich-Festhängen befähigt, da der verlängerte Daumen der Vorderbeine eine starke Krallen trägt. Mit ihrem Flugapparat gleiten die Flattertiere von Baum zu Baum, um deren



Abb. 46. Flattermaki (*Galeopithecus volans*, L.).

Zu den Insektenfressern gehört der mit einer Flatterhaut zwischen den Gliedmaßen ausgestattete Flattermaki der im Waldgebiet der Malayischen Halbinsel, auf den Molukken, Philippinen und den Sundainseln lebt. Er läßt sich mit seinem Fallschirm von Baum zu Baum gleiten.

Früchte zu erlangen. Auch der zu den Insektenfressern gehörende Flattermaki (*Galeopithecus volans*, L.) besitzt eine Flatterhaut (Abb. 46).

Der Bau der Klettervögel macht sich nach anderer Richtung hin bemerkbar. Papageien, Tukane (Abb. 47), Turakos, Bartvögel,



Abb. 47. Riesentukan (*Rhamphastus toco* Müll.).

Ausgesprochene Baumvögel sind die den südamerikanischen Regenwald bewohnenden Tukane (Rhamphastidae), die mit ihrem großen, von Lufträumen erfüllten und daher leichten Schnabel geschickt Früchte von den Bäumen abzupflücken verstehen.

zum Grunde ihrer vorletzten Glieder von der Körperhaut umhüllt. Dadurch wird eine Art Zange gebildet, die die Tiere zum Zugreifen, Festhalten und mithin zum Klettern an Baumzweigen befähigt. Ihre beiden Augen sind in ihren Bewegungen völlig unabhängig von einander, so daß die sich langsam fortbewegenden Chamaeleons ihre ganze Umgebung übersehen und leicht eine Beute ausfindig machen können. Zu deren Erlangung kann ihre Zunge, die an ihrer Spitze klebrig ist, so daß die Insekten daran haften bleiben, über halbe Körperlänge weit vorgestoßen werden.

Beiden Schlangen lassen sich ebenfalls Anpassungen an das Baumleben nachweisen. Die baumbewohnenden Riesenschlangen, Baumvipern u. a. Baumschlangen besitzen einen Greifschwanz.

Pisangfresser, Hornvögel (Abb. 48), Baumhopfe, Spechte (Abb. 49) und Meisen besitzen Kletterfüße. Sie treiben sich auf Stämmen und in den Kronen der Bäume umher. An ihren Füßen sind zwei Zehen nach vorn, zwei nach hinten gerichtet. Bei manchen Arten, wie den Mausvögeln, können die Zehen nach vorn oder nach hinten gestellt werden; diese Wendezehen verstehen sie zum Klettern ebenso geschickt zu benutzen wie die Papageien. Ihre Zehen tragen scharfe, gebogene Krallen zum Festhalten an der Rinde und zum Umklammern von Ästen. Auch die Reptilien zeigen die verschiedenartigsten Vorrichtungen zum Klettern. Ein ausgesprochenes Baumleben führen die Chamaeleons. Sie besitzen einen Rollschwanz, der diese langsam sich fortbewegenden Baumierte (Abb. 50) zum Festhalten an Baumzweigen befähigt. Diese im tropischen Afrika, namentlich aber auf Madagaskar heimischen Echsen zeigen als Baumierte in hohem Maße Anpassungen an ihren Lebensaufenthalt. An ihren langen und walzenförmigen Beinen sind die fünf Zehen an jedem Fuße zu je 2 und 3 bis



Abb. 48. Nashornvogel (*Buceros elatus*, Tem.).

Typische Baumbewohner sind die Nashornvögel (*Bucerotidae*). Sie leben in den Wipfeln hoher Bäume und nähren sich von deren Früchten. Einige Arten mauern ihre Weibchen während der Brutzeit in Baumhöhlen ein.

Viele Arten zeichnen sich durch auffallende Körperlänge und Schlankheit des Körpers aus. Außerdem besitzen sie an den Seiten der Bauchschilde winklige Kanten, die das Herabrutschen der Schlangen beim Klettern verhindern.

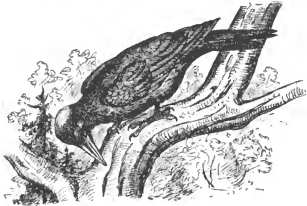


Abb. 49. Schwarzspecht (*Picus martius*, L.).

Der harte, meißelförmig gestaltete Schnabel befähigt die Spechte (*Picidae*) das Holz und die Rinde der Bäume klopfend zu bearbeiten, um zur Nahrung, die aus allerlei Insekten und deren Larven besteht, zu gelangen. Der Schwarzspecht verlangt große, zusammenhängende Waldungen als Lebensraum.

Außer den genannten Klettertieren lassen sich noch die Haftkletterer unterscheiden. Diese Tiere besitzen an ihren Gliedmaßen Haftapparate, durch die sie befähigt sind, an senkrechten Stämmen und Wänden emporzulaufen. Unter den waldbewohnenden Reptilien gibt es zahlreiche Geckoniden, die an der Unterseite ihrer Zehen einen aus Lamellen bestehenden Haftapparat tragen. An der Unterseite der Lamellen befinden sich zahlreiche feine Haare. Durch Andrücken und Aufrichten derselben wird ein luftleerer Raum geschaffen, wodurch sie von dem Druck der äußeren Luft an ihre Unterlage gepreßt werden. Der Körper der Geckoniden plattet sich auffallend ab und zeigt in einzelnen Fällen eine lappenartige Verbreiterung seiner seitlichen Körperhaut, sowie des Schwanzes.

Das ist in ausgeprägter Weise bei dem auf Java lebenden Faltengecko (*Ptychozoon homalocephalum*, Kuhl) der Fall. Auch der Blattschwanzgecko (*Uroplatus fimbriatus*, Sehn.) zeigt eine auffällige Abplattung seines Körpers. (Abb. 51). Diese Verbreiterung der Körperwand führt



Abb. 50. Chamaeleon (*Chamaeleon dilepis*, Leach).

Zu echten Baamtieren sind die Chamaeleons geworden. Sie besitzen n. a. einen Greifschwanz, als Greifzangen dienende Füße und eine langvor-schnellbare Zunge.

zu fallschirmartigen Vorrichtungen, wie sie bei den Eidechsen unter den Baumagamen, bei den Drachenechsen (*Draco*), entwickelt sind. Bei ihnen tragen die ersten fünf bis sechs Rippen jederseits eine Hautwucherung und bilden einen Fallschirm. Die Drachenechsen können willkürlich den Fallschirm ausbreiten und, von ihm unterstützt, sehr behend nach der Beute hinspringen. Als echte Baumtiere kommen sie wohl nur in Ausnahmefällen auf den Boden herab. Ihre Heimat sind die Wälder der Sundainseln.

Eine andersartige Haftvorrichtung zeigen zahlreiche Baumfrösche, die an ihren Zehen drüsige Haftscheiben tragen. Als solche sind die Laubfrösche (*Hyliidae*) in zahlreichen Arten über Amerika und Australien ver-



Abb. 51. Blattschwanzgecko (*Uroplatus fimbriatus*, Reha.).

Ein ausgeprochener Baumstammbewohner ist der Blattschwanzgecko aus Madagaskar, dessen platter Körper sich dicht der Unterlage, auf der er sitzt, anschmiegt.

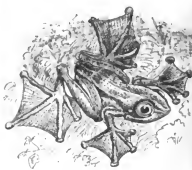


Abb. 52. Java-Flugfrosch (*Rhacophorus reinwardti*, Boie).

Der Java-Flugfrosch benutzt die zwischen den verlängerten Zehen ausgespannten Schwimmhäute als Fallschirm zum Heruntergleiten von den Bäumen.

breitet, finden sich aber nur in wenigen Arten im altweltlich-nordischen Gebiet. Durch ihre Haftscheiben besitzen sie die Fähigkeit, sich auch an glatten Flächen fest zu haften. Auf der Bauchseite tragen sie außerdem feine Warzen mit einem Schweißloch im Gipfel, die ebenfalls zum Anheften der Tiere von Bedeutung sind. Eine ganz eigenartige Bildung zeigt die Gattung *Rhacophorus* unter den Fröschen. (Abb. 52). Diese als Flugfrösche bezeichneten Amphibien besitzen an allen Zehen vollständige Schwimmhäute, deren breite Fläche sie durch Ausspreizen der Zehen beim Absprung als Fallschirm benutzen. — Selbst unter den Fischen gibt es Klettertiere. Als solche sind die die Mangrovwälder bewohnenden Schlammhüpfer (*Periophthalmus*) zu nennen. Diese sonderbaren Wassertiere sind befähigt, bei Ebbe auf dem trocken gelegten Schlamm zu verweilen, um in ziemlich großen Sätzen nach Fliegen und anderen Insekten zu springen. Dabei klettern sie auf die Luftwurzeln der Mangrovepflanzen, in deren Nähe sie sich mit Vorliebe aufhalten. Da die Kiemenöffnungen sehr klein sind, kann dieser Fisch lange außer Wasser bleiben.

Schutzfarben und Schutzzeichnung. Die Farben- und Zeichnungsmerkmale der Waldtiere lassen übereinstimmendes Gepräge er-

kennen. Die an Körperbau kleinen Bodentiere sind düster und unauffällig gefärbt, wenigstens im dunklen Urwald, denn der Gegensatz von Licht und Schatten spielt auf dem Boden des Waldes keine bedeutende Rolle. Sie verbergen sich hinter Baumwurzeln, Kräutern und Sträuchern und benutzen Erd- und Baumhöhlen als Verstecke. Als Pflanzenfresser leben sie in Familienverband oder in kleineren Rudeln, wie die Hirsche, Rehe, Pekaris u. a. m., als Fleischfresser leben sie einzeln, selten in größerer Zahl vereint wie die Wölfe. In den Tropenwäldern Afrikas sind kleine und zierliche Antikpen, wie die reizenden Zwergantilopen, Ducker und Waldböcke heimisch. Ein kurzes, zierliches Gehörn, das sie nicht behindert, zeichnet sie aus, auch tragen sie ein wenig auffallend gefärbtes Kleid und sind schnell und gewandt in ihren Bewegungen. Daher kommt es, daß sie nur selten gesichtet werden.

Auch Vögel, die auf dem Boden der Wälder heimisch sind, tragen ein unauffälliges Kleid. Als solche sind die Eulenpapageien Neuseelands, die in Australien lebenden Erd- oder Höhlensittiche, sowie die ebenfalls Neuseeland bewohnenden Nestorpapageien zu nennen.

Von unseren einheimischen Waldbodentieren sind unter den Säugern der Waldhase, unter den Vögeln die Waldschnepfe als Beispiele hervorzubeben, da diese ebenfalls ein unscheinbares Kleid tragen.

Schadl aber die Tierarten den eigentlichen Boden verlassen und zu klettern anfangen, sieht also mehr dem Lichte aussetzen, werden die Farben lebhafter. Die Tiere führen dann auch ein freieres, beweglicheres Leben und huldigen mehr der Geselligkeit. Das zeigen in auffallender Weise die buntgefärbten und reichgezeichneten Katzen der Tropenländer. Tigerkatzen, Ozelot, Leopard und Jaguar wetteifern in Schönheit ihres Ringel- und Fleckenkleides mit einander.

Tropenwald. Die Gegensätze von Licht und Schatten, die der tropische Urwald namentlich an seinen Rändern oder in der Umsäumung von Flußläufen bietet, die Farbenunterschiede, die die dort üppig gedeihende Pflanzenwelt zeigt, erfordern für den heranschleichenden Räuber ein Schutzkleid, das mit der farbenprächtigen Umgebung in Einklang steht. Ein einfarbig getönter größerer Tierkörper würde darin auffallen, das bunte Pardelfell wirkt aber zerstreuend und auflösend auf die Gesamterscheinung der Gestalt, so daß der Tierkörper im Rahmen seiner Umgebung verschwindet.

In den Laubdächern ist reichliches und mannigfaches Licht vorhanden, daher kommt es, daß die jenen Lebensraum bewohnenden Geschöpfe oft in den schillerndsten Farben prangen. Das gilt vor allem von den zahlreichen und mannigfaltig organisierten Baumvögeln der tropischen Urwälder. Papageien, Kuckucksvögel, Bartvögel, Pisangfresser, zahlreiche Singvögel u. a. mehr sind oft mit den lebhaftesten Farben geschmückt. In den Tropen herrscht die grüne Farbe vor. Auch Reptilien und Amphibien erscheinen dort vielfach in grünem Gewand, nicht minder zahlreiche Insektenarten. Auch in den Mittelgürteln zeigen viele Baumtiere eine mit ihrer grünen Umgebung übereinstimmende Färbung. Es sei an den Grünspecht, Grünfink und Zeisig erinnert.

Nadelwald. Der Nadelwald stellt andere Forderungen an die Farbenanpassung seiner Bewohner. Dunklere Farbtöne sind hier vorherrschend. Auch ist dabei zu berücksichtigen, daß hier mehr als beim Laubwald die Übereinstimmung mit der Farbe der Stämme und Äste von der Anpassung verlangt wird. Daher erklärt es sich, daß die Spechte vorherrschend braune Farbtöne in ihrem Federkleid erkennen lassen. Auch die Eichhörnchen zeigen in ihrem Fellkolorit hochgradige Übereinstimmung

mit ihren Aufenthaltsorten. In den Tropen sind sie entsprechend ihrer dortigen Umgebung oft äußerst bunt gefärbt, während die in gemäßigten und nordischen Wäldern heimischen Arten sich durch rotbraune und graue, einförmigere Farbtöne kennzeichnen. Eine ausgezeichnete Anpassung zeigt in dieser Hinsicht unser einheimisches Eichhörnchen. Es trägt nicht nur ein der Umgebung angepaßtes Schutzkleid, sondern es nimmt oft beim Verhoffen am Stamm eine Ruhestellung ein, durch welche es mit seinem Kopf einem abgebrochenen Ast gleicht. Zahlreiche Nachttiere, die den Tag in Schlupfwinkeln oder Bewegungsschutz auf Ästen sitzend verbringen, sind ihrem Aufenthaltsort oft in vollendeter Weise in Farbe und Zeichnung angepaßt. Das gilt namentlich für solche Tiere, deren Körperbedeckung der Baumrinde täuschend ähnlich sieht. So zeigen Eulen und Nachtschwalben ein in grauen und braunen Farben gehaltenes Anpassungskleid, während unter den Insekten unserer nordischen Heimat Kiefernswärmer, Kiefernspinner, Rotes Ordensband und Birkenspanner mit der Baumrinde, auf der sie sitzen, große Übereinstimmung zeigen.

Auffallen muß es, daß Waldtiere häufig Merkmale und Abzeichen an sich tragen, sei es Farbenschmuck an bestimmten Körperstellen, Haar- oder Federputz verschiedener Art, der sich als Haarbüschel, Federkronen und dergleichen mehr kenntlich macht, durch die sie sich von nahe verwandten Arten unterscheiden. Diese Merkmale sind als Arterkennungszeichen der Tiere unter sich aufzufassen, durch welche sich die in Gesellschaftsverband lebenden Geschöpfe leicht von Artfremden unterscheiden und sich zu ihren Artgenossen halten. Unter den Säugetieren des Tropenwaldes sind die Meerkatzen besonders auffällig mit solchen Abzeichen geschmückt. Bezüglich der Vögel sei nur an die Papageien erinnert, unter denen die Amazonenpapageien solche Unterscheidungsmerkmale in großer Mannigfaltigkeit erkennen lassen. Als solche Arten seien Gelbscheitel-, Gelbwangen-, Gelbnacken-Amazone, sowie Großer Gelbkopf genannt.

In vielen Fällen sind nur die Männchen in solcher auffallenden Weise gekennzeichnet, während die Weibchen eintöniger gefärbt sind und solcher Abzeichen entbehren. Die Fasanenhähne z. B. prangen in den wundervollsten Farben und sind reich mit Schmuckfedern geziert, die Hennen dagegen entbehren nicht nur solcher Abzeichen, sondern sie sind eintönig gefärbt und unauffällig gezeichnet. Das hängt mit dem Brutgeschäft zusammen. Die auf dem Boden sitzende und brütende Henne bedarf eines Anpassungsschutzes, der den brütenden Vogel mit der Umgebung in Einklang bringt, während der Hahn dem Lichte weit mehr ausgesetzt ist und daher eines Farbenkleides als Schutz bedarf. Dazu kommt noch, daß die geschlechtliche Zuchtwahl hier eine Rolle spielt, auf deren Einfluß ein gut Teil der auffallenden Merkmale in Farbe und Federform zurückzuführen ist. Auch die Farbe der Eier ist auf Schutzforderungen zu beziehen, wie denn auch die Form des Nestes auf Anpassungsschutz abgestimmt ist.

Schutz der Jungen, Brutpflege und Jungenschutz finden im Walde bei zahlreichen Tieren die sorgsamste Ausführung. Oft werden die raffiniertesten Vorkkehrungen getroffen, um das Leben der Brut zu sichern. Manche Säugetiere, wie Fuchs und Dachs, legen geräumige Erdbauten an; sie werden noch vom Biber übertroffen, dessen künstlicher Bau mit dem Wasser in Verbindung steht. Das gleiche ist auch bei dem Bau des Schnabeltieres der Fall. Auch manche waldbewohnenden Beuteltiere, wie der erdwühlende Wombat, legen sich Erdwohnungen an. Außerordentlich mannigfaltig sind Form und Anlage der Vogelnester. Zu deren Herstellung wird das verschiedenste Material des Waldes verwandt, wie Blätter, Pflanzenfasern, Zweige und andere vegetabilische Stoffe.

Viele Tiere benutzen Baumhöhlen als Unterschlupf. Wohnraum und Brutstätte erweitern sie künstlich, wie die Spechte, stopfen sie mit allerlei Material aus, wie die Eichhörnchen, oder mauern darin sogar ihre brütenden Weibchen ein, wie die Nashornvögel.

Brutpflege. Unter den Amphibien lassen die Baumfrösche des tropischen Amerikas und Afrikas hochentwickelte Brutpflege erkennen. Einzelne Arten (*Dendrobates trivittatus* und *braceatus*) begeben sich in austrocknende Pfützen. In diesen setzen sich die Quappen auf ihren Rücken, um auf diese Weise einem neuen, wasserreichen Tümpel zugeführt zu werden. Bei einem chilenischen Frosch nehmen die Männchen die Eier auf und fördern sie durch Schluckbewegungen in den Kehlsack, in welchem die Jungen ihre volle Entwicklung durchmachen. Sie werden hier ernährt, indem ihnen mit Hilfe des Ruderschwanzes durch die Rückenwand des Brutsackes Nahrungssäfte des Vaters zugeführt werden.

Laubfrösche des tropischen Südamerikas (*Beutelfrösche*, *Nototrema*) tragen auf dem Rücken eine nach hinten sich öffnende Tasche von etwa 1 cm Tiefe, in der die Eier die erste Zeit ihrer Entwicklung durchmachen, die bei anderen Arten aber die Eier bis zur vollständigen Verwandlung der Jungen aufnimmt. *Rappia*- und *Phyllomedusa*-arten kleben mit der Gallerte ihres Laiches die Blätter zu dessen Schutz zusammen.

Groß ist das Heer gesellig lebender Insekten, die auf die verschiedenste Weise Kunstbauten und Nester errichten, durch die die Landschaft nicht selten ein besonderes Gepräge erhält. Hier sind vor allem die Erd- und Hochbauten der Ameisen zu nennen, die im Walde nicht selten beträchtlich hohe Haufen anlegen. So richtet in unseren Wäldern die Waldameise (*Formica rufa*) solche Wohnstätten auf, in denen sie sorgfältige Brutpflege treibt.

Die Ameisen sind in den Wäldern überall in großer Arten- und Individuenzahl verbreitet. So berichtet u. a. Tschudi, daß in Peru diese Insekten sehr zahlreich leben, wodurch fast jeder besondere Strauch und Baum seine eigene Art beherbergt. Oft hausen die Ameisen im Innern von Pflanzen, deren Stengelglieder und Blätter ihnen zur Wohnung dienen. Brasilianische Akazienarten bieten Ameisen in hohlen, vor der Spitze mit einem Lech versehenen Stacheln geeignete Schlupfwinkel. In den Waldschluchten des Bismarek-Archipels finden sich Ameisenbäume (*Endospermium formicarum*) als Wohnsitze von Ameisen. Außerdem beherbergen hier noch eigentümliche Knollengewächse (*Myrmecodia*), die frei an Bäumen hängen, die genannten Insekten.

Hängende Nester verfertigt eine Menge geselliger Wespen. Nestwespen finden sich besonders häufig in Central-Amerika und in Guayana, deren Nester von papierartiger Beschaffenheit von den Zweigen der Bäume herabhängen. Andere Wespenarten bauen Lehm-Hängenester, wie sie sich z. B. auch in Guayana finden. Auch die Bienen sind als nestbauende Künstler bekannt. Ferner sind hier die Nester des Seidenspinners aufzuführen, von denen z. B. die afrikanischen *Anaphe*-Arten große, an Bäumen hängende Nester bauen, in denen zahllose Einzelkokons in einer gemeinsamen Umhüllung untergebracht sind.

Viele freibewegliche Tiere des Waldes, die nicht an eine bestimmte Brut- und Lagerstätte gebunden sind, lassen besondere Lebensgewohnheiten erkennen, um ihre Jungen mit auf die Wanderschaft zu nehmen. Da diese ihnen bei ihren Streifzügen schwer folgen können, schleppen sie sie auf ihrem eigenen Körper mit sich umher. Auch bei einer Anzahl von Säugtieren nehmen die Mütter ihre Jungen mit auf die Wanderschaft. Unter den

baumbewohnenden Säugern ist das bei den Beutelratten aus dem Geschlecht der Beuteltiere, bei den Pelzflatternern, sowie bei den Fledermäusen, Halbaffen und Affen der Fall.

Die Ernährung der Waldtiere. Die Nahrungsmittel, die der Wald bietet, sind äußerst mannigfaltig. Während für viele Waldbewohner auf beschränktem Raum sich günstige Nahrung bietet, sind andere gezwungen, innerhalb des Waldes ein unstetes Wanderleben zu führen und sich die Nahrung zu erwartern. Sie verlassen die ausgenutzten Gebiete und wenden sich günstigeren Gegenden zu, wobei sie namentlich der Frucht reife folgen.

Pflanzenreichtum. Der Pflanzenreichtum des Waldes und dessen verschiedenartige Zusammensetzung bietet seinen Bewohnern, von der Bodstufe bis hinauf in die Kronstufe, eine Fülle der verschiedenartigsten Existenzmittel, für deren Erschließung die Tiere in ihrer Organisation zweckmäßig eingerichtet sind. Es gibt keinen Pflanzenteil, der nicht seinen Lichthaber hat, um ihn zu verspeisen. Wurzel, Stengel, Stamm, Knospen, Blätter, Früchte, sie alle fallen den verschiedensten Nahrungsspezialisten zum Opfer, wobei es bei diesen nicht selten zur Ausbildung ganz besonderer körperlicher Einrichtungen kommt, um zur Nahrung zu gelangen. Bhrende, stehende, schneidende, beißende, saugende, sägende, leckende, schabende, nagende und andere Bewegungsarten werden von den Tieren mit eigens dazu eingerichteten Mundwerkzeugen ausgeführt, um sich die Pflanzennahrung zu erschließen.

Von den Pflanzenfressern des Waldes sind die Fleischfresser abhängig, die ihrerseits wieder die mannigfaltigsten körperlichen Merkmale besitzen, um ihre Beutetiere zu überwältigen und als Nahrung zu verspeisen. Um zur Beute zu gelangen bilden sich bei den Raubtieren die verschiedensten Jagdmethoden aus, die auf ein Aufspüren der Beutetiere durch hochausgebildete Sinnesorgane, Gesicht, Geruch und Gehör, hinauslaufen. Zahlreiche Waldtiere sind Nachttiere, die erst mit Eintritt der Dämmerung auf Jagd gehen, während sie den Tag über in Verstecken verborgen liegen. Die in Schlaf liegenden Galagos haben in der Ruhelage die Ohren eingekollt, entrollen dieselben aber beim Erwachen, das Fingertier *Madagaskars* besitzt einen dünnen Finger, mit dem es Insektenlarven aus den Spalten der Baumrinde hervorholt und die Spechte meißeln mit ihrem spitzen und harten Schnabel die Baumrinde auf, um zu den Insekten und ihren Larven zu gelangen.

Sommer- und Winterschlaf. Mit dem Mangel an Nahrung hängt die Ausbildung eines Sommer- oder Winterschlafes bei vielen Waldtieren zusammen, um der durch Trockenheit oder Kälte bedingten Existenznot zu entgehen. Viele Tiere ziehen sich in den Waldboden zurück, um dort in schützenden Verstecken verborgen, den Eintritt der günstigeren Jahreszeit abzuwarten. Das ist zu Beginn des Herbstes bei zahlreichen Insekten der Wälder des Mittelgürtels der Fall. Da diese Tiere von der Vegetation abhängig sind, verlieren sie mit Eintritt des Laubabfalls ihre Nahrungsquellen. Auch viele Säugetiere, Reptilien und Amphibien, sowie Mollusken und andere im System tief stehende Geschöpfe ziehen sich in Schlupfwinkel am Boden, wie auch auf Bäumen zurück, um der Gefahr des Verhungerns und Erfrierens durch den Winter zu entgehen. Baumhöhlen, Spalten in der Rinde, Erdhöhlen, Mauerlöcher und andere verborgene Orte mehr dienen diesen verschiedenartigen Tieren als Winteraufenthalt.

Um den Winter ohne Nahrung überdauern zu können, fallen viele dieser Tiere in einen Winterschlaf, in welchem Zustand die Lebensfunktionen bis auf ein Minimum herabgesetzt sind. Eine größere Anzahl solcher Geschöpfe fällt aber nur in einen unterbrochenen Winterschlaf. Mit

Eintritt warmer Witterung erwachen diese Arten und nehmen Nahrung zu sich. Zahlreiche Winterschläfer legen sich vorsorglich Wintervorräte an, die sie beim Erwachen verzehren.

Um der ausdörrenden Hitze tropischer Sommer zu entgehen, ziehen sich manche Tierarten in Schlupfwinkel zurück, die sie mit Eintritt des tropischen Frühlings, der Regenzeit, wieder verlassen. So zieht sich der auf Madagaskar heimische Tanrek (*Centetes caudatus*) während der größten Trockenheit in den tiefsten Kessel seines Baues zurück, wo er die Monate April bis November in ähnlicher Weise wie unser Igel den Winter verschläft.

Wasserversorgung. Das Trinkbedürfnis der Waldtiere ist ein sehr verschiedenartiges. Je nach dem Feuchtigkeitszustand der Wälder ist das Tier gezwungen, seinen Bedarf an Wasser so oder so zu regeln. In Wäldern, in denen wasserreiche Pflanzen und Früchte den Tieren als Nahrung dienen, ist das Wassers schöpfen des Wildes nicht oder nur in geringem Maße notwendig. Auch der Tau, der auf den Pflanzen lagert, genügt vielen Tieren zur Stillung ihres Durstes. In trockenen Waldungen ist das Wild dagegen gezwungen, seinen Durst durch Aufnahme von Wasser zu löschen. Als solche Schöpfgelegenheiten dienen den Tieren des Waldes Quellen, Wadseen und Teiche, sowie auch Flüsse, die den Wald durchziehen. Da an den Flußufern das Pflanzenleben infolge des Einflusses des Lichtes eine größere Rolle spielt, ziehen sich auch die Tiere dahin, von der reichen Pflanzennahrung, sowie den vielen Insekten, die sich am Waldsaum aufhalten, profitierend, zumal sich ihnen hier durch den nahen Fluß Trink- und Badegelegenheit bietet.

Die Ufer der Ströme sind besonders in den Tropen von einer reichen Tierwelt bevölkert. Eines solchen Tierreichtums erfreut sich in dem südamerikanischen Regenwaldgebiet vor allem das Becken des Amazonas. Den dort lebenden zahlreichen Insekten folgen ihre natürlichen Feinde, die insektenfressenden Vögel. Auch baumbewohnende Reptilien, Eidechsen und Schlangen, finden sich hier, die teils den Insekten, teils den Vögeln nachstellen. Am frühen Morgen und bei Sonnenuntergang treten aus dem Walde, z. T. aus Öffnungen, die sie sich selbst bereitet haben, viele größere Säugetiere heraus, um sich und ihre Jungen im Strom zu baden und um zu trinken. Tapire, Wasserschweine, Pekariä u. a. mehr verlassen den Wald und wenden sich dem Wasser zu, vom Jaguar und Silberlöwen belauert. Auch den im Flusse befindlichen Krokodilen fallen manche dieser Säuger zum Opfer. Zahlreiche größere Vögel, Reiher und Kokohühner, verlassen zur Nachtzeit ebenfalls den Wald, um sich dem Flusse zuzuwenden.

Zahl und Artenreichtum. Die Zahl der Tiere, die den Wald bewohnen, unterscheidet sich von der offenen Landschaften, indem im Walde die Artenzahl größer, die der Einzelwesen aber im allgemeinen geringer ist. Durch die Verschiedenartigkeit der Pflanzenwelt ist im Walde die Möglichkeit, sich in der Nahrung zu spezialisieren für die Tiere größer, wodurch die Artbildung Förderung erhält. Die größere Gleichmäßigkeit im Pflanzenwuchs in der offenen Landschaft, zumal in der Grassteppe, bietet dagegen zahllosen Einzelwesen, die sich zu Herden verbinden, günstige Daseinsbedingungen.

Lebensgewohnheiten und Seelenleben. Die mehr oder minder mühsame Beschaffung der Nahrung wirkt auf die Lebensgewohnheiten und die Psyche der Waldtiere ein: Geschöpfe, die wie die Faultiere ein sorgenloses Dasein innerhalb reichgedeckter Tafel führen, sind langsam in ihren Bewegungen und stumpfsinnig in ihren geistigen Äußerungen. Das

Streifen durch den Wald und das Suchen nach günstiger Nahrung fördert dagegen die Bewegungsanlage und die Geselligkeit, auch hebt sie die geistigen Anlagen der Tiere. Das beweisen in vorzüglicher Weise die Affen. Namentlich hat sich bei den kleineren Arten, die Waldtiere sind, der Geselligkeitstrieb außerordentlich entwickelt; sie führen ein ausgesprochenes Herdenleben: Die jüngeren Männchen und die weiblichen Tiere mit ihren Jungen ordnen sich einem erfahrenen älteren Männchen unter, das die Führung und Verteidigung der wandernden Herde übernimmt. Als ausgezeichnetes Beispiel können die Meerkatzen, die die ost- und westafrikanischen Wälder in einer großen Anzahl von Arten bewohnen, gelten.

Die Seeleneigenschaften der Waldtiere sind von ihren Lebensgewohnheiten abhängig und beeinflußt. Die Bodentiere des Waldes, namentlich die kleineren Arten, die sich leicht im Pflanzengewirr der Bodstufe verstecken können, leben meistens einzeln oder in kleineren Trupps zusammen. Sie führen ein schenes, vorsichtiges Leben. Unter ihnen gibt es manche Einsiedler, deren Charakter sich, wie der des Dachses, als mürrisch erweist, weshalb er in Zurückgezogenheit sein Dasein verbringt. Die Bewohner der Kronenstufe, die umherstreifen, sind lebhafter und geselliger, da ihnen größere Bewegungsmöglichkeit im Laubdach geboten wird. Auch das Tag- resp. Nachtleben übt Wirkung auf die Seeleneigenschaften der Waldtiere aus. Tagtiere sind geselliger, lebhafter und zutraulicher, Nachttiere dagegen einsiedlerischer, ruhiger und vorsichtiger beanlagt. Viele Nachtrantiere sind hinterlistig und grausam, da sie wie die Katzenarten, Marder, Schleichkatzen, Galagos u. a. mehr, ihre Beutetiere beschleichen, um sie zu vernichten.

Manche tierische Bewohner ausgedehnter Urwälder der Tropen zeigen in ihrem ganzen Wesen ein ernstes, zurückgezogenes Verhalten. Das gilt besonders für manche Säugetiere. Brüllaffen, Gibbons und Schlankaffen sind äußerst empfindlich gegen äußere Eindrücke, ertragen veränderte Lebensbedingungen, wie sie die Gefangenschaft bietet, sehr schlecht und gehen daher bald, aus dem Zusammenhang mit ihrer natürlichen Heimat gerissen, zu Grunde. Der ausgedehnte Wald übt durch seine absondernde Wirkung und die dadurch beschränkte Ausdehnung des Wohnsitzes der Tiere Einfluß auf ihre seelischen Eigenschaften aus, indem diese Urwaldbewohner ein zurückgezogenes, insichgekehrtes Leben führen, während die Bewohner des freien Geländes munterer und spiellustiger sind. Das gilt namentlich für die Bewohner des Waldinnern, während die des Waldsaumes in ihren Seeleneigenschaften sich denen der offenen Landschaft nähern.

Das tierische Leben spielt sich weniger im Waldinnern, sondern weit mehr am Saume der Wälder ab. Hier, an den Flußläufen, die den Wald durchschneiden, sowie in den natürlichen und künstlichen Lichtungen pulsiert ein bedeutend zahlreicheres Tierleben. Auch die Körpergröße der Waldtiere und ihr dadurch bedingter Aufenthaltsraum im Walde üben Einfluß auf ihr Seelenleben aus: Zwerg- und Duckerantilopen, sowie zahlreiche kleine Nagetiere, die leicht zwischen dem Unterholz Deckung finden, sind scheu und mißtrauisch, größere Tiere, die sich infolge ihrer Körpergröße weniger schnell und vollkommen verbergen können, sind den kleinen gegenüber weniger scheu und furchtsam. Sie erweisen sich mutiger und stellen sich, in die Enge getrieben, ihrem Gegner. So ist der männliche Gorilla, obwohl auch er sich der Gefahr durch Deckung gern entzieht, ein furchtbarer Gegner, wenn er gezwungen ist, sich zu stellen. Auch die Wildschweine der alten und neuen Welt sind, in die Enge getrieben, für ihren Feind mutig und gefährlich. Das gilt namentlich auch für den

europäischen Keiler. Nicht selten sind während der Brunstperiode viele Waldsäuger sehr boshaft und angriffslustig, z. B. die männlichen Hirsche.

Es lassen sich nicht nur nach horizontaler Richtung in der Verbreitung, vom Waldinnern nach der Lichtung zu, Unterschiede im Seelenleben der Walddiere nachweisen, sondern auch in senkrechter Richtung. Das beweisen die Bewohner des Laubdaches. Diese sind entschieden im allgemeinen lebhafter als die Bodentiere. Das bringt schon ihre größere Geselligkeit mit sich, denn unter den Bodentieren finden sich nicht nur viele Einsiedler, sondern auch solche, die nur paarweise oder in kleineren Trupps leben. Laubdachbewohner sind dagegen häufig, wie die Affen und Papageien, in größeren Scharen vereinigt. Die Geselligkeit bringt es mit sich, daß sich innerhalb der Gemeinschaft der Truppe Seelenverschiedenheiten bei den einzelnen Mitgliedern ausbilden. Männliche und weibliche Tiere unterscheiden sich in ihrem Verhältnis den anderen gegenüber. Die Männchen übernehmen vielfach die Führung und Verteidigung der Gesellschaft, stellen Wachen aus und sorgen für Ordnung und Ruhe. Die Weibchen nehmen sich der Jungen an, bekümmern sich bei der Flucht um sie und folgen den Männchen, die die Führung übernehmen. In hohem Maße ist diese soziale Gliederung bei vielen Affen entwickelt, unter denen die Meerkatzen Afrikas, Makaken Indiens und Brüllaffen Südamerikas als Beispiele gelten können.

Aber auch bei Bodentieren des Waldes finden sich gesellige Geschöpfe. Das beweisen die südamerikanischen Pekaris. Ihre Zusammenrudelung stärkt ihren Mut und macht sie angriffslustiger, denn diese Schweine fürchten vereinigt ihren Erbfeind, den Jaguar, nicht.

Groß ist die Schaar der geselligen Vögel, die alle Stockwerke des Tropenwaldes durchstreifen. Auch der Waldrand sowie die Lichtungen sind der bevorzugte Aufenthalt zahlreicher Vögel. Namentlich halten sich die Singvögel, und unter diesen die Insektenfresser, zahlreich an den dem Lichte zugänglichen Teilen des Waldes auf, da hier das Insektenleben ein außerordentlich reiches ist und den befiederten Sängern mühelos Nahrung bietet.

3. Tiere des Waldes, die in der Landschaft wichtig sind.

Das Waldinnere wird von zahlreichen Tieren als Deckung benutzt. Tropische Hirsche und Wildschweine ziehen sich dorthin zurück und zahlreiche Nager, namentlich solche aus dem Mäusegeschlecht, fühlen sich unter dem schirmenden Dach des Waldes geborgen.

Auch die Wälder gemäßigter Länder dienen dem Wild als Zufluchtsort: Unsere Hirsche und Rehe, Füchse, Marder u. a. Säuger, sowie zahlreiche Vögel hausen mit Vorliebe während der Nachtzeit im Innern des Waldes und treten erst mit Beginn der Dämmerung auf die Lichtungen hinaus. Da die Tiere durch die Baumstämme, sowie durch das Unterholz vielfach Deckung finden, ist es oft schwer, sie zu sichten. Der Wald erscheint daher häufig tierärmer als er in Wirklichkeit ist. Erst mit Beginn der Dämmerung resp. mit Eintritt der Nacht wird der Wald lebendig.

Hochwald und Buschwald. Hochwald und Buschwald besitzen z. T. verschiedene Tierarten. Zahlreiche Tiere bevorzugen den Hochwald, bei anderen waltet das umgekehrte Verhältnis. Namentlich verlangen viele Vögel für ihr Brutgeschäft eine bestimmte Zusammensetzung des Waldes. So finden die Spechte der gemäßigten Zone im Hochwald häufiger Brutgelegenheiten in hohlen Bäumen. Auch bei vielen Reptilien läßt sich eine Sonderung in Hoch- und Buschwaldformen nachweisen.

Da sich an den Rändern des Waldes Baum-, Strauch-, Busch- und Grasgewächse miteinander mischen, so sind hier die Daseinsbedingungen der Tiere zahlreich. Als eigentliche Waldtiere kommen unter den Wirbeltieren die Säugetiere und Vögel am meisten in Betracht, weniger Reptilien und Amphibien, obwohl diese in den Tropen häufiger im Walde angetroffen werden, als in unseren Breiten.

Die Insektenwelt weist dagegen eine sehr große Zahl von Waldtieren auf. Die baumartigen Pflanzen sind weit mehr als die kraut- und grasartigen zum Sitz für besondere Insektengruppen geschaffen. Während die letzteren nur den Blatt-, Blüten-, Stengel- und Wurzelfressern Nahrung und Obdach bieten, sind die Holzfresser zum größten Teil auf die Waldbäume angewiesen. Auch unter den Mollusken finden sich zahlreiche Arten, die im Walde heimisch sind.

Tropischer Regenwald Im tropischen Regenwald findet die Tierwelt außerordentlich mannigfaltige Daseinsbedingungen. Lichtungen bilden auch im Tropenwald Sammelpunkte für die Tierwelt wie Elefanten, Büffel, Wildschweine, Rekaris, Tapire, Hirsche, Antilopen und ihnen folgend die Raubtiere, wie der Leopard, Tiger, Jaguar und Silberlöwe. In den Tropenwäldern der Alten wie Neuen Welt ist auch die Heimat der Affen. Sie sind neben den Papageien aus der Klasse der Vögel die typischen Bewohner der Kronenstufe des Waldes. Auch die Menschenaffen gehören zu den Waldbewohnern. Der Gorilla lebt den größten Teil seines Lebens auf dem Boden, während der Schimpanse ein eifriger Kletterer ist. Zu eigentlichen Baumtieren sind dagegen Orang-Ütans und Gibbons geworden. Dem Gorilla verbietet schon sein bedeutendes Körpergewicht den dauernden Baumaufenthalt. Er schwelt wie der Schimpanse treten mit der ganzen Sohle des Fußes beim Gehen auf, während der Orang mit eingeschlagenen Zehen auf der Außenkante des Fußes einhergeht. Bei ihm, wie bei den Gibbons, sind die Vordergliedmaßen auf Kasten der Beine zu langen Greif- und Klammerorganen entwickelt, mit denen sie sich geschickt von Ast zu Ast schwingen können. Gorilla, Schimpanse und Orang legen sich übereinstimmend aus Blättern und Zweigen auf den Bäumen nestartige Lager an, auf denen sie, vor Angriffen der Raubtiere sichergestellt, ohne Gefahr nächtigen. Da sie ein Wanderleben führen, dient ihnen der Nestbau nicht zu dauerndem, sondern zu gelegentlichem Nachtaufenthalt, der nach Bedürfnis durch eine neue Schlafstätte ersetzt wird.

Unter den in der Landschaft auffallenden Waldaffen der Alten Welt seien die Meerkatzen, Stummelaffen, Makaken, Schlankaffen, unter denen der Neuen Welt die Brüllaffen, Spinnenaffen, Kapuzineraffen und Elehornaffen hervorgehoben. Auch die zahlreichen Halbaffen, die ebenfalls typische tropische Waldtiere sind, gehören hierher.

Eine hochgradige Anpassung an den Waldaufenthalt zeigen die im neuweltlichen Tropengebiet heimischen Ameisenbären. Diese lassen in ihren einzelnen Formen den Anpassungsweg erkennen, der bis zur vollendeten Ausbildung als Baumtiere führte. Der große Ameisenbär (Abb. 53) ist ein Bodenbewohner; er klettert nicht, trägt an seinen Füßen stark gekrümmte Grabkrallen und besitzt ein aus langen Haaren bestehendes Fell, das ihm gegen die Unbilden der Witterung Schutz verleiht. Da dieser zu den Zahnarmen gehörige große Säuger eine herumschweifende Lebensweise führt und dort auf dem Boden nächtigt, wohin ihn tagsüber seine Nahrungssuche getrieben hat, trägt er einen großen, buschigen Schwanz als Schutzorgan, den er als Schlafdecke über sich klappt. Sein nächster Verwandter, der mittlere Ameisenbär oder Tamandua (Abb. 54), trägt ein

enganliegendes Fell, bringt einen großen Teil seines Lebens auf Bäumen zu, ist bedeutend kleiner als der vorige und besitzt einen glatten Wickelschwanz, der ihm beim Klettern wichtige Dienste leistet. In noch weit höherem Maße



Abb. 53. Großer Ameisenbär (*Myrmecophaga tridactyla*, L.).

Ein dichtes, langes Haarkleid trägt der den Boden des südamerikanischen Regenwaldes bewohnende große Ameisenbär. Er führt eine vagabundierende Lebensweise und benutzt seinen Schwanz als Schlafdecke.

ist aber der kleine — oder Zweizehige Ameisenbär (Abb. 55) dem Baumleben angepaßt. Er lebt nur auf Bäumen, ist klein geworden, trägt an seinen vorderen Gliedmaßen je nur zwei große Krallen, die er geschickt zum Klettern benutzt und hat einen verhältnismäßig langen Wicke-



Abb. 54. Mittlerer Ameisenbär (*Tamandua tectadactyla*, L.).

Der mittlere Ameisenbär oder Tamandua bringt einen großen Teil seines Lebens auf Bäumen zu, trägt ein aus kurzen Haaren bestehendes Haarkleid, und hat einen Wickelschwanz, der ihm beim Klettern wichtige Dienste leistet.

schwanz. Wickelschwänze zeigen unter den Säugetieren außerdem die Brüllaffen, Spinnenaffen und Kapuzineraffen. Die Spinnenaffen können ihn direkt als fünfte Hand benutzen und Gegenstände damit aufnehmen.

Auch die im südamerikanischen Regenwald heimischen Faultiere (Abb. 56) zeigen eine hochgradige Anpassung an das Baumleben. Bei ihnen läßt sich ebenfalls eine Verminderung der Zehenzahl nachweisen. Da das

Faultier während des Schlafens den Körper einkrümmt und die Glieder scharf einknickt, haben sich in seinem Blutgefäßsystem arterielle „Wundernetze“ ausgebildet, durch welche Blutstockungen vermieden werden.

In den tropischen Waldflüssen ist die Heimat der Flußpferde (Abb. 57) und der Seekuh oder des Dujongs. Als echtes Waldtier ist



Abb. 55. Zweifinger Ameisenbär
(*Cylopes didactylus*, L.).

Der kleinste unter den Ameisenbären ist der Zweifinger Ameisenbär. Er ist völlig zum Baumtier geworden, trägt an den Vordergliedmaßen je nur zwei große Krallen und hat ein aus seidenweichen kurzen Haaren bestehendes Fell.



Abb. 56. Zweifingerfaultier
(*Choloepus didactylus*, L.)

Eine hochgradige Anpassung an das Baumleben zeigen die Faultiere. Sie sind infolge ihrer bequemen Lebensweise als hängende Kletterer inmitten ihrer reichen aus Bannblättern bestehenden Nahrung zulängsam, trägen Tieren geworden. Unter ihnen besitzt das Zweifingerfaultier an den Vorderfüßen nur zwei Stielkrallen, die es als Haken beim Klettern benutzt.

das in Westafrika heimische Zwergflußpferd (*Choeropsis liberiensis*, Mort.) aufzufassen. In Flüssen findet man es nicht. Ferner leben dort verschiedene Sumpfsäugetiere, die bei Gefahr in dem Walde ihre Zuflucht nehmen. Andere, wie die Wasserböcke unter den Antilopen, flüchten bei Gefahr in das Wasser hinein, um sich dort zu verbergen. Unter den Reptilien bewohnen die Alligatoren und Krokodile in großer Zahl diese Flüsse und sonnen sich auf den Sandbänken.

Auf und zwischen den Waldrändern der Flüsse entfaltet sich ein reiches Tierleben. Hier treiben außer den schon genannten Affen und Papageien zahlreiche Wat- und Schwimmvögel ihr Wesen. Auf den Bäumen der Uferländer sitzen Raubvögel und lauern auf Beute, an den Ufern des Amazonas z. B. die Harpyie, deren mächtige Fänge auf einen gefährlichen Räuber schließen lassen, in Westafrika der weißköpfige Fischadler. Erstaunlich mannigfaltig sind die Baumvögel im Tropenwald vertreten.

Außer den Papageien bevölkern zahlreiche Nashornvögel, Kuckucksvögel, Tukane und andere Arten mehr bis hinab zu den winzigen Kolibris diese Wälder. In den Wäldern Neuseelands haust der Kiwi (*Apteryx australis*) (Abb. 68). Auch die Reptilien sind reich an Arten und Individuen im tropischen Regenwald vorhanden. Von den

gewaltigen Riesenschlangen bis zu den peitschenartig dünnen Baumschlangen finden sich die verschiedensten Übergänge in Größe, Farbe und Zeichnung. Unter den dort lebenden Eidechsen sei auf die Leguane, Baumagamen und Geckonen hingewiesen. Auch die Chamaeleons mit ihrem Rollschwanz gehören hierher.

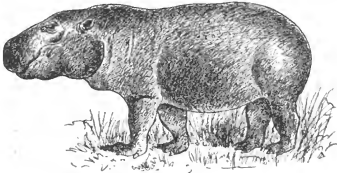


Abb. 57. Zwergflüßpferd (*Choeropsis liberiensis*, Mort.)

Als echtes Waldtier ist das in den Wäldern Liberias heimische Zwergflüßpferd anzufassen. Flüsse bewohnt es nicht. Es unternimmt ausgedehnte Wanderungen durch die Wälder und benutzt das Wasser nur vorübergehend zum Baden.

Massenhaft auftretende Tiere. Groß ist das Insektenleben im tropischen Regenwald. Auch Spinnen, Tausendfüße und Skorpione sind hier zahlreich vertreten. In Südamerika findet sich die mächtige Vogelspinne zahlreich in den Wäldern, groß ist die Formen- und Farbenpracht der Schmetterlinge, Käfer, Cicaden, Blattläuse u. a. Insekten mehr. Oft treten die Insekten zu Massen vereinigt auf: In Afrika und Indien, sowie in den heißen Gebieten Südamerikas finden sich Treiberameisen, die Raubzüge veranstalten, bei denen sie von der Umgebung eines Nestes aus sich in großen, geschlossenen Massen fortbewegen. Solche Plünderungszüge erstrecken sich oft auf eine Entfernung von 100—200 Meter. Am Amazonas sind massenhafte Schmetterlingszüge jährlich sich einstellende Erscheinungen. In Niederländisch-Ostindien wurden von Zeit zu Zeit stattfindende ungewöhnliche Mengen von Tagschmetterlingen in derselben Richtung fliegend beobachtet. Aus den Beobachtungen geht hervor, daß es sich dabei um Hochzeitsflüge handeln dürfte.

Maugrovewäldungen. In Westindien, Mittelamerika und anderen tropischen Gebieten finden sich an den mit



Abb. 58. Mantell's Kiwi, (*Apteryx mantelli*, Bartl.)

Die Kiwis oder Schnepfensträube (*Apteryx*) verbringen den Tag unter den Wurzeln großer Waldbäume. Ihre Nahrung, die hauptsächlich aus Würmern besteht, erlangen sie, indem sie mit ihrem lauzen Schnabel in den weichen Waldboden, bis zur Wurzel einsenkend, stoßen.

Mangrovewaldungen bewachsenen Meeresküsten nicht selten zahllose Landkrabben, die durch ihre große Anzahl eine Massenwirkung in der Landschaft erzielen.

Gebirgswälder. Eine eigenartige Tierwelt beherbergen die Gebirgswälder der Tropen. Mit der Änderung der Pflanzendecke, die durch die Höhenlage bedingt wird, muß auch die Tierwelt ein anderes Gepräge annehmen, da die Nahrungspflanzen andere werden. Das hat weniger für die Säugetiere als für die Vögel Gültigkeit. Die Waldsäugetiere sind von den Baumarten, die den Wald zusammensetzen, weit weniger abhängig als die Vögel. Daher kommt es, daß viele Säugetiere den Wald in allen Höhenlagen bewohnen. In die äthiopische Alpenwelt drang der Guerezaaffe ein, der im abessinischen Hochland 2000—3000 Meter hoch angetroffen wird und dort in Gesellschaften von 10—12 Stück mit Vorliebe sich auf den hohen Wacholderbäumen herumtreibt. Auch Raubtiere steigen im Gebirge empor, so der schwarze Panther in Asien, und Leopard und Löwe finden sich auf den hohen Vulkanen Ostafrikas.

In der Neuen Welt erweisen sich die Hirsche im südamerikanischen Hochland als Einwanderer aus der Waldregion. Der Rotspießhirsch liebt zwar die Waldungen und das Buschwerk, geht aber doch zuweilen bis 5000 Meter hoch.

Die Gebirgswälder sind im Vergleich zu den Wäldern der Ebenen ärmer an Tieren. Das kommt, weil sie weniger dicht und hoch als jene sind. Ihre Fauna ist nicht nur weniger reich an Einzelwesen, sondern auch an Arten. Die klimatischen Verhältnisse der Gebirge und die dadurch bedingten Einflüsse auf das Gedeihen der Pflanzenwelt wirken auf die Zusammensetzung und Verbreitung der Tierwelt zurück.

Die subtropischen Regenwälder sind in ihrem Äußern und auch in dem biologischen Verhalten den tropischen sehr ähnlich, wenn auch in ihnen schon der deutliche Einfluß der Jahreszeiten sich bemerkbar macht. Der tropische Regenwald überschreitet stellenweise die Wendekreise unter allmählicher Verarmung des Formenreichtums und Abnahme der spezifisch tropischen Eigentümlichkeiten. Die Tierwelt, die diese Wälder bewohnt, zeigt im allgemeinen ein gleiches Gepräge wie das derjenigen des Tropenwaldes. Nach Süden und Norden hin, dort, wo sich das Gebiet der Subtropen dem des Mittelgürtels nähert, verliert sich der Reichtum der Fauna etwas an Arten und Individuen, auch scheinen dort die Farben der Tiere weniger leuchtend zu sein. Die eigentlichen Baumtiere nehmen ab, die Zahl der Bodentiere wird eine größere. Diese Übergänge sind aber nur ganz allmähliche.

Gebiet der Hartlaubgehölze. Ein anderes Bild in der Zusammensetzung der Waldtiere gewährt das Gebiet der Hartlaubgehölze. Die in diese Gruppe gehörigen klimatischen Gebiete sind die Küstenländer des Mittelmeeres, die Südwestecke Afrikas, Südwestaustraliens und der größere Teil von Südastralien, das mittlere Chile und der größere Teil des Küstenlandes von Californien. In klimatischer Hinsicht handelt es sich dabei um mildtemperierte Länder mit Winterregen und langer Sommerdürre. Der dadurch bedingte Lebensraum für die Tierwelt ist ein völlig veränderter. Die üppige Fülle der Pflanzen, wie sie in den Tropen und Subtropen herrschte, fehlt und die sommerliche Dürre beeinflußt das Tierleben während dieser Jahreszeit. Es lassen sich daher in der Zusammensetzung, dem Körperbau, sowie den Zeichnungs- und Farbenverhältnissen der Tierwelt Übergänge zu der des Mittelgürtels nachweisen.

Das Geschlecht der Affen, dessen Arten die Urwälder der Tropen so zahlreich bewohnen, ist nur durch den Magot (*Macacus ecaudatus*),

vertreten. Er ist dem mediterranen Nordafrika eigentümlich und findet sich von Menschen verpflanzt, auch auf dem Felsen von Gibraltar. In seiner Lebensweise ist dieser Affe aber kein eigentliches Waldtier mehr zu nennen, obwohl er auch auf Bäumen angetroffen wird. Er bewohnt vielmehr die felsigen Höhen seiner Heimat. Von Raubtieren ist die Wildkatze als Waldtier hervorzuheben und das Wildschwein geht durch das ganze Mittelmeergebiet.

Auch in Kalifornien lassen sich Übergänge in der Tierwelt aus dem heißen Gürtel der Erde nachweisen. Wie mit der Nordgrenze des Staates der immergrüne Charakter der Küstenwäldungen westlich des großen Scheidegebirges abschließt, so erreichen auch in der Tierwelt viele südliche Formen hier ihre Nord-, viele nördliche Formen ihre Südgrenze. Als solcher Überläufer aus dem Süden sei der Jaguar genannt. Auch Hasen, Kaninchen und Eichhörnchen gehören der dortigen Waldfauna an. Aus der Vogelwelt seien die Kolibris als Eindringlinge des Südens hervorgehoben. Zahlreich sind Landschnecken und Insekten vertreten.

Ein massenhaftes Auftreten von Tieren läßt sich in der Vogelfauna des Mittelmeergebietes nachweisen, da es von überaus belebten Zugstraßen gekreuzt wird. In ungeheuren Scharen passieren im Herbst und Frühjahr hochnordische Fremdlinge, von Sibirien bis Grönland herkommend, sowie europäische Zugvögel das Mittelmeer. Auch von Süden kommen manche Gäste, die unsere Breiten nicht erreichen. Infolge der Sommerdürre verfallen manche Tiere der Mittelmeerregion in einen Sommerschlaf. Schlangen, Eidechsen und Insekten finden sich in den Hartlaubgehölzen ebenfalls zahlreich, obwohl sie an Arten und Individuen nicht mit denen der Tropen und Subtropen konkurrieren können.

Wälder des Mittelgürtels. Die Tierwelt der Wälder des Mittelgürtels zeigt in ihren verschiedenen Arten bezüglich Lebensweise und Körperbau ein sehr verschiedenes Verhalten von dem in den bisher beschriebenen, klimatisch wärmeren Gebieten lebenden. Hier stellt die Winterkälte einen wesentlichen Faktor in der Ökologie des Waldes dar und beeinflußt in ihrem Tun und Treiben die Tierwelt. Nicht nur in pflanzen- sondern auch in tiergeographischer Hinsicht müssen hier sommergrüner Laubwald und Nadelwald unterschieden werden.

Herrscht im Innern des Regenwaldes meist Überfüllung in der Pflanzenwelt, so bietet häufiger dasjenige des sommergrünen Waldes ein Bild der Leere. Das Unterholz fehlt bei dichtem Bestande der Bäume oft ganz und zeigt nur in lockeren Beständen oder am Waldrande einige Üppigkeit. Zwischen den Stämmen befindet sich nur wenig Gesträuch, zwischen diesen einige Bodenkrauter, und der Boden ist vielfach mit Moos überzogen. Der Laubwald des Mittelgürtels bietet daher seinen tierischen Bewohnern weit weniger Zufluchtsorte und Verstecke als der der warmtemperierten Länder. Auch ist der Nahrungsreichtum, den dieser Wald bietet, ein weit geringerer. Die für die Regenwälder typischen Lianen sind selten und klein, auch tritt die epiphytische Pflanzendecke zurück. Die üppigsten, hochstämmigsten Wälder bestehen meist wesentlich nur aus Bäumen, da das Unterholz fehlt oder nur dünn gesät ist.

Große Unterschiede im Landschaftsbild der Wälder des Mittelgürtels sind durch den Wechsel von Sommer und Winter bedingt. Da mit Eintritt des Herbstes durch den Laubabfall für zahlreiche pflanzenfressende Tiere die Daseinsbedingungen verändert werden, sind jene gezwungen, entweder mit schmaler Kost vorlieb zu nehmen, sich durch Verkröchen und Verfallen in einen Winterschlaf oder durch Abwandern den widrigen Nahrungsverhältnissen während der Dauer des Winters zu entziehen.

Ein ungeheures Waldgebiet durchzieht die Alte und die Neue Welt vom Südrand der Polarregion an in breitem Gürtel nach Süden vordringend, bestehend aus Gehölzen in mehr oder minder dichtem Bestand. Dem europäisch-asiatischen Waldgürtel entspricht in der Neuen Welt der geschlossene Urwald, der früher die ganze gewaltige Fläche zwischen Baumgrenze und dem Golf von Mexiko bedeckte. Die für den Tropenwald typischen Affen und Zahnarmen fehlen hier, dagegen mangelt es nicht an ausgeprägten Baumtieren. Als Einwanderer aus dem Süden sind das mit Wickelschwanz ausgerüstete Opossum (*Didelphys marsupialis*), ein Beuteltier, sowie der Waschhär (*Procyon lotor*) zu erwähnen. Beide gehören dem nordamerikanischen Waldgebiet an. Das erstere geht nordwärts bis zu den großen Seen, der letztere findet sich nordwärts bis in die Pelzgebiete und nach Alaska. Dem Osten der Alten Welt gehören als Baumtiere die Flughörnchen (*Pteromys*) an, deren breite Flughaut sie zum Herabgleiten von Bäumen befähigt. Auch die Eichhörnchen, deren Artenreichtum sich besonders im nordamerikanischen Waldgebiet geltend macht, sind als ausgeprägte Baumtiere zu betrachten. Sie sind äußerst behend, springen sehr geschickt und tragen einen buschigen Schwanz, der ihnen bei ihren Sprüngen als Steuer dient. In den Wäldern dieses ausgedehnten Gebietes des Mittelgürtels leben zahlreiche Wiederkäuer, Raubtiere und Nagetiere, wobei es auffallend ist, daß neuweltliche und altweltliche Formen große Übereinstimmung miteinander erkennen lassen. So entspricht der Edelhirsch dem Wapiti, der Elch dem Moosedeer, der Braunhär dem Grislibär, der Biber dem Kanada-Biber usw. Es geht daraus unzweideutig ein früherer direkter Zusammenhang dieser Gebiete, sowie auch die Tatsache hervor, daß die Daseinsbedingungen für diese Tiere von sehr ähnlicher Beschaffenheit sein müssen.

Viele von den dort lebenden Geschöpfen bewohnen den Laubwald, andere den Nadelwald, eine große Anzahl hält sich aber auch in gemischten Wäldern auf.

Auch die in Europa heimische Waldfauna gehört hierher, sie ist aber durch den Einfluß der Kultur dezimiert und zurückgedrängt worden.

In den Wäldern des Mittelgürtels ist der Reichtum an Vögeln im Sommer und Winter verschieden. In der warmen Jahreszeit hallt der Wald von dem Gesang zahlreicher befiederter Sänger wieder, auch Raubvögel, namentlich Eulen, Falken, Bussarde und Habichte bevölkern den Wald bzw. halten sich an den Rändern auf oder fliegen über seinem grünen Dach, nach Beute spähend.

Wenn sich aber die Macht des Winters geltend macht, verlassen viele Vögel den ungastlichen Wald und wenden sich durch den Wanderzug südlicheren Gegenden mit günstigeren Daseinsbedingungen zu. Der Wald verödet von tierischem Leben. Viele Wandervögel gehen bei ihrem Zuge bis tief in das Innere des heißen Gürtels hinein, weit über den Gleicher hinaus. Außer in Afrika finden sie sich in Indien, Birma, Siam, Südchina und auf den benachbarten Inseln. Im Tierbestand der Tropenwälder lassen sich daher durch den Wanderzug Veränderungen nachweisen, obwohl hier wesentliche Unterschiede in der Besetzung der Wälder durch zugewanderte Vögel nicht in Erscheinung treten.

Die nordamerikanischen Vögel reisen in den Süden der Vereinigten Staaten und bis nach Mittel- und Südamerika hinein. Auch auf der südlichen Halbkugel findet ein regelmäßiger Zug statt.

Bergwald des Mittelgürtels. Der Bergwald des Mittelgürtels hat seine ihm eigentümliche Tierwelt. Bei manchen Tierarten läßt sich der Aufstieg aus dem Wald der Ebene in den Gebirgswald noch heute

gut nachweisen. Die Gemse ist eigentlich ein Waldbewohner der Ebene, der von dort aus den Aufstieg in das Gebirge genommen hat. Sie hält sich heutigentages mit Vorliebe im oberen Waldgürtel in den Latschen auf. Nur im Sommer steigt sie gelegentlich in höhere Berge bis zur Grenze der Gletscher empor. Bei starken Stürmen oder im Winter ziehen sich selbst die sogenannten Grattiere in den Wald zurück. Auch unser Edelhirsch, dessen ursprünglicher Aufenthalt große, zusammenhängende Wäldungen, namentlich Laubhölzer der Ebene, sind, ist in das Gebirge hinaufgestiegen. Im Winter zieht sich aber das Rotwild von den Bergen zur Tiefe zurück.

Während die Gemse bis in die Schneeregion vorgedrungen ist, ist der Berghirsch als Mittelgebirgsbewohner zu betrachten, mithin ist er damit auch mehr Waldtier als die erstere geblieben.

Das Leben der Amphibien und Reptilien des Waldes ist, da es sich bei diesen Wirbeltieren um Kaltblüter handelt, in noch weit höherem Maße, als daß der Säugetiere und Vögel von den klimatischen Einflüssen der Umwelt abhängig. Daher kommt es, daß der Bestand an Arten und Einzelwesen in den temperierten Wäldern ein weit geringerer als in den tropischen und subtropischen ist. Dennoch leben in den Wäldern des Mittelgürtels manche interessante und für diesen Lebensraum typische Formen. Verschiedene Schlangen und Eidechsen, unter den ersteren in unserer heimischen Waldfauna als Giftschlange die Kreuzotter, sowie Kröten und Schwanzmolche, wie der heimische Feuersalamander, sind hier zu nennen. S. haren von Alligatoren und Krokodilen, die auf Sandbänken liegen, fesseln bei Niedrigwasser der Ströme, namentlich in den Abend- und Morgenstunden, den Blick des Reisenden.

Ansammlungen von Schildkröten zur Begattungszeit sind an bestimmten Stellen des Orinoco-Amazonas-Gebietes höchst auffallende Erscheinungen und von Humboldt anschaulich beschrieben worden.

Die Reptilien und Amphibien des Mittelgürtels treten aber nur selten und wenig in Erscheinung, da sie sich verbergen und keine besonders großen und auffälligen Formen besitzen. Zur Laichzeit im Frühling kommt es zuweilen zu großen Ansammlungen von Amphibien, aber nicht im Walde, sondern in kleinen Tümpeln und Seen, in denen der Tümpelfrosch (*Rana temporaria*) sich zur Laichablage zusammenfindet.

Das Insektenleben im Walde des Mittelgürtels ist in hohem Maße von dem Wechsel von Sommer und Winter abhängig. Erst mit Eintritt des Frühlings erwacht dasselbe aus dem Winterschlaf und verläßt die Winterwohnungen und Verstecke, um ein neues Leben zu führen und zur Fortpflanzung bzw. Eiablage zu schreiten. Zwar ist der Insektenreichtum kein so sehr reichhaltiger wie der des Tropenwaldes, aber es finden sich dennoch zahlreiche Arten von Käfern, Schmetterlingen, Bienen, Hummeln, Wespen, Fliegen, Mücken, Blattläusen, Ameisen u. a. m., die als Nahrungsspezialisten sich an den verschiedenen Bäumen, Sträuchern und Kräutern des Waldes gütlich tun, mag es sich dabei um Blätter, Nadeln, Blüten, Früchte, Stamm, Rinde, Wurzeloder um andere pflanzliche Gehilde handeln. Auch Spinnen und Tausendfüße treiben dort, wenn auch in beschränkterem Maße als im Tropenwald, ihr Wesen.

Massenwanderungen von Insekten. Ließen sich für den Tropenwald Massenwanderungen bestimmter Insektenarten nachweisen, so gelangen auch in den Wäldern des Mittelgürtels solche zur Beobachtung: In kleineren Trupps, zuweilen aber auch zu Hunderten, wandern die Raupen des Prozessionsspinners von ihren oft über kopfgroßen Nestgespinsten aus in nicht viel weniger als einen Meter langen Kettenzügen in genauer Ordnung hinter einer Führerin her. Hier handelt

es sich jedoch um tägliche Nahrungszüge, während als wirkliche Auswanderer die Maden der Trauermücke auftreten. Diese lichtscheue, wenig herumfliegende Mücke lebt im Laube des Waldbodens versteckt und auch ihre Larven nähren sich von dem modernden Laube. Durch Nahrungsnot getrieben, machen sich die Larven in dichter Masse auf den Weg nach einer anderen Futterstelle. Wo die Larven sich besonders zahlreich entwickelt haben, fließen mehrere Familien zu einem weiterwandernden „Heerwurm“ zusammen.

Hier seien auch die Kolonien der Waldameise (*Formica rufa*) genannt, die in den Waldungen Europas und Asiens bis nach Ostsibirien, sowie auch in Nordamerika heimisch ist. Sie türmt mit Vorliebe in dichten Nadelwäldern gebirgiger Gegenden ihre über einen Meter hohen „Ameisenhaufen“ aus Koniferennadeln, Blatt- und Zweigstückchen, Holzsplittern, Erdklümpchen, Steinchen u. a. m. auf. Von solchen Haufen strahlen, oft 50 Meter weit, saubere, von allem Pflanzenwuchs befreite Straßen nach verschiedenen Richtungen. Diese Ameisenstraßen sind nicht allmählich durch das häufige Hin- und Herwandern der Arbeiterinnen ausgetretene Pfade, sondern richtig angelegte Bahnen, auf denen es den Arbeiterinnen leicht wird, geschäftig hin und her zu eilen.

Auffallende Einzeltiere. Einzeln lebende Tiere treten im Innern des Waldes aus der Landschaft in wenig auffringlicher Weise hervor, da sie durch die Pflanzenwelt Deckung finden und sich daher leicht verbergen können, ihre Gestalt mithin nur selten ganz in Erscheinung tritt. Sie sind auch äußerst vorsichtig, sichern nach allen Seiten und vermeiden es, sich völlig bloß zu stellen. Gesellig lebende Tiere wiken durch ihre Anhäufung mehr als die vorigen, zumal die Geselligkeit durch den Verkehr der einzelnen Artgenossen miteinander Bewegungen auslöst, durch welche die Tiere ihre Anwesenheit verraten. In der Waldlichtung, sowie am Rande des Waldes treten auch einzeln lebende Tiere weit eher und auffälliger in Erscheinung, da sie hier weniger Deckung haben und sich mehr von der umgebenden Landschaft trennen. Das gilt besonders für Bodentiere.



Abb. 59. Kopf eines Zwergmakis (*Microcebus murinus*, Müll.) aus Madagaskar.

Unter den Halbaffen sind die Zwergmakis (*Microcebus*) die auffälligsten Nachttiere. Sie besitzen besonders große Augen und im kugelförmigen Innenteil des Ohres je eine aufgetriebene Gehörblase, durch welche hohe Ausbildung des Gehörs sie bei der Insektenjagd des Nachts das leiseste Geräusch wahrnehmen.

Vögel, die einzeln oder in Scharen fliegen, heben sich, wenn sie am Waldessaum entlang eilen oder über das grüne Dach des Waldes fliegen, deutlich vom Himmel ab. Namentlich schwebende und kreisende Raubvögel, streichende Vögel, die von Wald zu Wald ziehen, fallen oft deutlich in der Landschaft auf und sind von der Ferne aus an ihrem Flugbild erkennbar. Regelmäßige Erscheinungen sind an Waldrändern, auf Bäumen und Sträuchern sitzende Fischräuber. Als solche seien Eisvögel, Fischadler, Reiher genannt.

Lärmende Tiere. In der Landschaft geben die lärmenden Tiere häufig ihre Anwesenheit durch allerlei Laute kund. Namentlich sind es gesellig lebende Geschöpfe, die sich durch Lautäußerungen mit ihren Artgenossen verständigen. Während des gemeinsamen Zuges zur Nahrungssuche lärmten manche Tierarten besonders stark. Papageischaren fallen mit großem Geschrei auf Nahrungsplätzen ein, auch die Affenscharen bereiten bei ihren Plünderungen von Plantagen oft starken Lärm. In der

Brunstzeit schreien manche Tierarten besonders auffallend. Namentlich sind es die Hirsche, die ihren Nebenbuhler durch Geschrei zum Kampf aufrufen. Nicht selten besitzen stimmbegabte, gesellig lebende Tiere besondere Verstärkungsapparate für ihre Stimmen. Orang-Utans, Gibbons und Brüllaffen sind durch solche Schallapparate ausgezeichnet.

Auch der Schimpanse erweist sich als ein sehr stimmbegabtes Geschöpf. Nach den Berichten der Reisenden hallt der Wald, in dem sich viele Schimpansen aufhalten, Tag und Nacht von dem Geschrei dieser Menschenaffen wieder. Gesellig lebende Tiere führen meistens ein Tagleben, während die einzeln lebenden Geschöpfe vielfach Nachttiere sind und als solche sehr zurückgezogen leben. Sie sind meistens stumm und beschleichen von dem Dunkel der Nacht geschützt lautlos ihre Beute. Als solche Einsiedler sind z. B. die kleinen Makis und Loris unter den Halbaffen (Abb. 59) zu bezeichnen, die der Insektenjagd obliegen. Unhörbar schleichen sie sich an ihre Beute heran.

Kapitel II. Die Tierwelt der offenen Gebiete

1. Allgemeines.

Vergleich von Wald und Steppe. Schon bei der Schilderung der Tierwelt der Waldgebiete ließ sich erkennen, daß sich die Fülle des Tierlebens nicht in dem Waldinnern, sondern vielmehr an den Rändern, in den Lichtungen und am Saume der Waldungen findet. In noch weit höherem Maße ist das Tierleben in der offenen Landschaft entwickelt. Diese stellt an Körperbau und Lebensweise der Tiere ganz andere Forderungen wie der Wald. Während das im Walde lebende Geschöpf viel auf sich selbst angewiesen ist, da es meist allein lebt, stehen dem Bewohner des freien, offenen Landes ausgedehnte Weiden als Tummelplatz offen; es ist aber den Blicken der Feinde auch weit mehr ausgesetzt als im Walde.

Während der Wald mit seinen zahllosen verschiedenartigen Daseinsmöglichkeiten die Vielseitigkeit der Ernährung fördert, ist die Steppe viel einförmiger. Dennoch lassen sich auch hier die verschiedenartigsten Lebensmöglichkeiten für die Tierwelt bei genauerer Betrachtung nachweisen.

Schon in klimatischer Hinsicht finden sich zwischen Wald und offener Landschaft Unterschiede. Der Wald mindert die jährliche Temperaturschwankung. In der Nacht ist er wärmer als die freie Umgebung, durch Ausstrahlung mildert er die schädliche Wirkung von Nachtfrost, wie er auch gegen den Wind schützt und die Luft durch Festlegung großer Massen von Kohlensäure reinigt, hingegen das gesunde Ozon ausatmet. Die große Oberfläche der Blätter fördert die Verdunstung, während anderseits der Wald dadurch, daß er die Luftbewegung stark hemmt, die Austrocknung des Bodens mindert. Es regnet in ausgedehnten zusammenhängenden Waldgegenden mehr als in offenen. Während demnach der Wald die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht ausgleicht, lassen sich in der offenen Landschaft größere Gegensätze in der Temperatur der Tageszeiten nachweisen. Auch der Einfluß des Windes ist ein weit größerer. Die Tiere sind dessen Einwirkung weit mehr ausgesetzt, da sie sich nicht so, wie die Waldbewohner, gegen die Unbilden der Witterung schützen können. Besonders sind es die Temperaturschwankungen von Tag und Nacht, die eine abhärtende Wirkung auf die Tiere ausüben. Daher kommt es, daß

sich Tiere, die aus Kontinentalgegenden offener Gebiete stammen, weit besser in der Gefangenschaft halten als solche, deren Aufenthaltsräume Wälder sind. Die Einwirkung der Sonne als Lichtquelle übt großen Einfluß auf das Gedeihen der Tierwelt aus. Während der Mittagsglut suchen die Tiere sich einzustellen, um der Einwirkung der größten Hitze zu entgehen. Sie ruhen im Schatten, wo sich ihnen Gelegenheit hierzu bietet, sei es unter schattenspendenden Bäumen, zwischen Gebüsch und Unterholz oder in Felshöhlen usw.

Lebensbedingungen der offenen Landschaften. Morgens und abends treten die Tiere mit Vorliebe aus ihren Zufluchtsorten in die offene Landschaft hinaus. Auch der jahreszeitliche Wechsel dieser Gebiete übt großen Einfluß auf das Tierleben aus. Dabei kann es sich um Regen- oder Trockenperiode, oder um Wärme- oder Kälteperiode handeln. Die dadurch bedingten Änderungen in der Pflanzenwelt zwingen die tierischen Bewohner jener Landgebiete, sich in ihren Lebensgewohnheiten danach zu richten. Manche Tierarten suchen sich durch Wanderung den jahreszeitlichen Einflüssen zu entziehen, andere halten zwar in der Heimat aus, graben sich aber in den Boden ein und warten, in Schlaf verfallend, den Eintritt der günstigen Jahreszeit ab.

Auch in der offenen Landschaft lassen sich verschiedene Stockwerke als Aufenthaltsorte der Tiere unterscheiden. Zunächst ist es der Boden, der für zahlreiche Geschöpfe als Lebensraum in diesen Landschaften in Frage kommt. Hinsichtlich seiner geologischen Beschaffenheit ist die Zusammensetzung aus Sand- und schwerem Ton wichtig. In Wüsten dagegen steht die Pflanzenlosigkeit im Vordergrund. Da hier die Pflanzenwelt nur eine sehr geringe Rolle spielt, ist der Körperbau der Tiere in erster Linie auf die Anpassung an den nackten Boden eingestellt.

Grasfluren. Anders verhält sich der Einfluß der Grasfluren auf das Tierleben. Im dichten Gras finden kleine Geschöpfe ausgezeichnete Deckung und obendrein reichlichen Lebensunterhalt, so daß sie, ohne unter Konkurrenz zu leiden, in größerer Anzahl beisammen leben können. Der Aufenthalt in den Niedergrasfluren fördert demnach die Geselligkeit. Auch größere Tiere finden in der Ruhe, wenn sie sich lagern, Deckung im Gras, zumal wenn es sich dabei um aus hohen Gräsern bestehende Grasfluren handelt. Vielfach sind aber auch Bäume und Sträucher darin verteilt, die zahlreichen Vögeln Sitz- und Umschau Gelegenheit bieten, von wo aus sie das Gelände überschauen, ihre Artgenossen erkennen bzw. Beutetiere erspähen können. Je nach dem Charakter der Grasfluren, ob es sich dabei um Wiesen oder Steppen handelt, erweist sich das Tierleben dieser Eigenart angepaßt. Natürliche Wiesen nehmen weniger große Flächen ein als Steppen, es finden sich daher bei den Bewohnern der letzteren die Anpassungserscheinungen der Tiere an die ausgedehnten Weiten besonders ausgeprägt.

Tropische Hochgrasfluren, in deren verfilztem Geflecht aus schneidenden Blättern sogar Roß und Reiter verschwinden, sind an Tierleben arm, wenigstens finden sich dort größere Tiere seltener.

2. Der Einfluß der offenen Gebiete auf die Tiere.

Einen Übergang von dem Wald zur offenen Landschaft bietet das Parkland. Hier mischen sich lichte Waldungen oder kleine Waldinseln mit Grasland. Daher kommt es, daß sich dort in der Tierwelt noch Klettertiere nachweisen lassen, während diese in der offenen Landschaft infolge des lichten, niedrigen Baumwuchses vollständig fehlen. Auch sonst läßt die Tierwelt einen Mischcharakter erkennen. Waldtiere, die zwecks Nahrungssuche den Saum des Waldes aufsuchen, dringen aus den Waldgebieten in die

offene Landschaft vor. Sie gewöhnen sich allmählich an diese und passen sich in ihren Lebensgewohnheiten dem neuen Aufenthaltsraum an. Wiederkäuer, die sich im Walde fast ausschließlich von Blättern und jungen Trieben der Sträucher und Bäume nähren, finden in dem Grasbestand der Parklandschaft ihre Äsung. Sie werden von Raubtieren verfolgt, die auch aus dem Wald in die offene Landschaft treten.

Lebensgewohnheiten und Seelenleben. Da die offene Landschaft als Lebensraum ganz andere Existenzbedingungen bietet, werden auch die Lebensgewohnheiten verändert. Die Tiere werden geselliger, geben das Einzelleben auf und rudeln sich mehr zusammen. Infolge der veränderten Lichtverhältnisse müssen auch Zeichnung und Farbe der Tiere Abänderungen erleiden, auch läßt sich im allgemeinen im Körperkleid der Tiere eine Aufhellung nachweisen, wobei lichtbraune und gelbbraune Farbtöne vorherrschen.

In der Tierwelt der Parklandschaft des tropischen Afrikas ist das Antilopengeschlecht besonders zahlreich vertreten, da diese Tiere hier nicht nur genügend Nahrung, sondern auch Schutz und Deckung gegen Feinde, sowie auch gegen den Sonnenbrand der offenen Steppe finden. Auch zahlreiche andere kleine Säugetiere, Raubtiere, Nagetiere u. a. m. finden sich dort, ebenso viele Vögel, Reptilien und Insekten. Je geschlossener und ausgedehnter die Waldinseln inmitten der umgebenden Steppe sind, um so ausgeprägter den Waldeharakter zeigt auch die Tierwelt. Macht sich aber die Steppe mehr bemerkbar, lockern sich die Waldbestände und lösen sie sich in Baum- und Strauchgruppen inmitten des Graslandes auf, so nimmt die Tierwelt in ihrer Organisation und in ihren Anpassungserscheinungen ein steppenartiges Gepräge an. Die Baumtiere verschwinden, dafür wird aber die Zahl der Bodentiere eine außerordentlich große an Arten und Individuen, da das Grasland Bewegungsfreiheit gestattet.

Viele Tierarten machen sich aber die Bäume und Sträucher der Savanne zu nutz, indem sie deren Laub als Nahrung begehren. Namentlich sind es in der afrikanischen Savanne Akazien, die als Nahrungspflanzen für manche Tierarten eine wichtige Rolle spielen. Um zu dem Laub der oft hochstämmigen Bäume zu gelangen, erweist sich die Höhe der Giraffe besonders geeignet, auch dient ihr die sehr bewegliche, wurmförmige Zunge zum Abrupfen der Nahrung. Die Giraffengazelle zeigt einen auffallend langgestreckten Körperwuchs. Sie ist befähigt, indem sie sich an den Baumstämmen hoch aufrichtet, ebenfalls verhältnismäßig leicht zur Blätternahrung zu gelangen. Der durch das Zusammentreten von Bäumen und Büschen entstehende Steppenwald bietet zahlreichen Tieren einen schattigen Unterschlupf. Nachts grasen sie in der offeneren Flur.

Ihnen folgen die Raubtiere, die mit Vorliebe an den Tränken die ihren Durst löschenden Herden belauern.

Die Steppe stellt an Körperbau und Lebensweise ganz andere Forderungen wie der Wald. Während das im Walde lebende Geschöpf viel auf sich selbst angewiesen ist, da es meist allein lebt, stehen dem Bewohner des freien offenen Landes ausgedehnte Weiden als Tummelplatz offen; er ist hier aber den Blicken der Feinde auch weit mehr ausgesetzt als im Walde.

Die Steppe vereinfacht in mancher Hinsicht Organisation und Lebensweise. Das bezieht sich namentlich auf den Körperbau und die Art der Nahrung der Pflanzenfresser. Daher kommt es, daß zahlreiche Wiederkäuerarten in oft außerordentlich großen Scharen in friedlichem Beisammensein vereinigt äsen, ohne daß sie in gegenseitigen Wettbewerb treten. Auch Einhufer, Nashörner, Nager finden in der Steppe ihren

Unterhalt, ohne in ihren Nahrungsansprüchen von den anderen verdrängt zu werden.

Das Leben in der offenen Landschaft beeinflusst in ganz anderer Weise das Seelenleben der Tiere als der Aufenthalt im Walde die Waldbewohner. Hier ist es bei einer großen Anzahl von Tieren, namentlich der Bodentiere, das Verstecktleben inmitten der dichten Vegetationsfülle, die den Gesellschaftsverband unterdrückt und zum Einzeldasein erzieht, dort ist es der Aufenthalt in freier Landschaft, der die Tiere zu geselligem Spiel zusammenführt und den Gesellschaftsverband aus Schutzrücksichten fördert. Im Wald sind es nur leichtbewegliche Baumbewohner, wie Affen und Papageien, die sich zusammenscharen, um gemeinschaftlich die Nahrung zu suchen.

Schutzverbände. Da der Aufenthalt im offenen Land in mancher Hinsicht Gefahren bietet, suchen die Tiere sich zu gemeinschaftlichem Schutz zu vereinigen. Diese Selbsthilfe zeitigt oft die sonderbarsten Erscheinungen im Tierleben, indem sich in der Ausbildung ihrer Sinnesorgane von einander abweichende Geschöpfe zu Schutzverbänden zusammenfinden, um durch gegenseitige Hilfe von einander Nutzen zu haben. Daher kommt es, daß inmitten solcher offenen Landgebiete Herden verschiedener Tierarten in gemeinsamen Verbänden zusammen weiden. Daß solche Verbände aber nur von sehr lockerer Natur sind, beweist das Verhalten dieser Tiere bei eintretender Gefahr. Auf der Flucht rotten sich die Artgenossen schnell zusammen und eilen davon, ohne Rücksicht auf die artfremden Verbands-genossen. Erst nach dem Schwinden der Gefahr finden sie sich wieder und sammeln sich.

Auf der afrikanischen Steppe leben z. B. Gnus, Antilopen, Giraffen, Strauße, Nashörner in friedlichem Tun und Treiben zusammen. Giraffen und Strauße sind infolge ihrer vortrefflich ausgebildeten Sehorgane und ihrer langen Hälse besonders geeignet, den Feind frühzeitig zu erspähen, während die Antilopen, die ausgezeichnet hören und riechen, den Feind, der mit dem Wind angeschlichen kommt, durch Gehör bzw. Geruch wahrnehmen. Die gegenseitige Hilfe ist bei zahlreichen Wiederkäuern sehr ausgeprägt und verlangt demnach von den Geschöpfen Gesellschaftstrieb und Verträglichkeit.

Aber nicht nur zur rechtzeitigen Erkennung der Gefahr, sondern auch zur direkten Verteidigung stehen sich die im freien Gelände der Steppen lebenden Geschöpfe bei. Wird eine Elefantenherde angegriffen, so gehen die Bullen und starken Weibchen zum Angriff vor, während die jungen Tiere, namentlich aber die säugenden Mütter mit ihren Jungen, sich sammeln und die letzteren zwischen sich nehmen. In erster Linie sind es immer die wehrfähigen Männchen, die zum Angriff schreiten.

Ein ausgezeichnetes Beispiel bieten die afrikanischen Büffel, deren kapitale Bullen ganz gefährliche Gegner abgeben und bei Beunruhigung durch Feinde, seien es Raubtiere oder Menschen, in blinder Wut zum Angriff schreiten. Von den hochorganisierten Elefanten wird sogar berichtet, daß sie Rücksicht aufeinander nehmen, so daß die Herde, wenn unter ihren Weibchen eine Geburt erfolgte, einige Tage ihre Wanderung unterbricht, bis das Junge soweit gekräftigt ist, daß es den alten Tieren folgen kann.

Raubtiervverbände. Rotten sich die Wiederkäuer unter dem Einfluß des Steppenlebens zusammen, um in Herden vereinigt den Gefahren Trotz bieten zu können, so sehen sich ihre natürlichen Feinde, die Raubtiere, gezwungen, ihrem Beispiel zu folgen und sich zu gemeinsamer Jagd zusammen zu rudeln.

Der einzeln jagende Räuber vermag nicht viel gegen eine in freiem Gelände äsende Herde Wiederkäuer zu unternehmen. Er wird durch deren

Wachsamkeit eräugt und gelangt nicht zur Beute. Will er aus der Herde seinen Tribut nehmen, so bleibt ihm nur übrig, sich in der Nähe der Wassertränke auf die Lauer zu legen und eins der friedlich zur Tränke ziehenden Herdentiere zu reißen. Eine solche Jagdmethode verfolgt der einzeln jagende Löwe nicht selten. Im allgemeinen gilt aber für den Löwen das Jagen in Gesellschaft als Regel. Löwenrudel, bestehend aus den erwachsenen Tieren und dem halberwachsenen Nachwuchs, gehen gemeinschaftlich auf Raub aus. Auch rotten sich nicht selten mehrere ausgewachsene Löwen zu dem Zwecke zusammen. Sie umstellen das Wild, treiben es sich gegenseitig zu und lassen dabei ihre drohende Stimme erschallen. Dadurch verständigen sie sich gegenseitig und bringen das Wild in Verwirrung. Die Löwin ist dabei, wie zahllose Beobachtungen beweisen, diejenige, die das Opfer reißt, während der männliche Löwe weit bequemer erscheint und hernach am Schmause mit teilnimmt.

Zu dieser in Rudeln jagenden Lebensweise ist der Löwe aber erst später, nach seinem Austritt aus dem Waldgebiet in die Steppe, gekommen. Daß er ursprünglich Waldbewohner war, geht aus den Überresten eines leopardenartigen Fleckkleides hervor, die namentlich bei den Jungen deutlich nachzuweisen, bei den alten Exemplaren aber in Spuren am Bauche und an den Gliedmaßen leicht auffindbar sind.

Der die Steppen Ost- und Südafrikas bewohnende Hyänenhund (*Lycaon pictus*) befolgt eine andere Jagdmethode. Er rudelt sich zwar auch zusammen, gelangt aber nicht durch Umstellung, sondern durch Hetzjagd zur Beute. In rasendem Lauf, lautkläffend, jagt er hinter der Antilope her und ruht nicht eher, bis diese zusammenbricht oder sich ihrem Gegner stellt. Auch die Wölfe in den Steppen Rußlands gelangen durch gemeinsames Jagen zur Beute.

In der offenen Landschaft sind die Tiere mehr als im Walde aufeinander angewiesen, daher kommt es, daß die Äußerungen geistigen Lebens anders sind als bei Waldtieren. Sie sind nicht in sich gekehrt und zurückhaltend, sondern lebhaft und gesellig, zeigen größere Spiellust und necken sich gern. Da die leichtbeweglichen Geschöpfe der Steppe der Gefahr müheless und schnell entweichen können, neigen sie im allgemeinen nicht zur Angriffslust, verteidigen sich aber mutig, wenn sie gestellt werden. Im allgemeinen kann man sagen, daß die Geselligkeit zutraulicher macht, während das Einzelleben scheue und mißtrauische Charaktere hervorbringt.

Anpassung des Körpers und der Nahrungsaufnahme. Da die Steppenbewohner sich nur schwer oder überhaupt nicht verbergen können, müssen sie sich auf ihre Sinnesorgane verlassen. Auge und Ohr sind bei den einzelnen Arten verschieden ausgebildet. Daher kommt es, daß mit verschiedenen Sinnesorganen ausgestattete Tiere in den oben besprochenen Verbänden aufeinander angewiesen sind. Auch der Körperbau ist den Bedingungen der offenen Landschaften angepaßt.

Die Nahrung der pflanzenfressenden Steppentiere besteht im wesentlichen aus Gräsern und Körnern. Zum Abreißen des Grases in Bündeln dient ihnen die lange und sehr bewegliche Zunge, die sich weit vorstrecken läßt. Schneide- und Eckzähne sind zum Abschneiden des Grases eingerichtet, da sie eine breite Kante bilden. Infolge des geringeren Nährstoffgehaltes der Pflanzenkost sind die Pflanzenfresser den Fleischfressern gegenüber mit einem langen Darm ausgestattet, und bei den Wiederkäuern ist der Magen zur Verarbeitung der Pflanzenmasse in mehrere Abteilungen eingeteilt. Durch das Wiederkäuen wird eine ergiebigere Ausnutzung der aufgenommenen Nahrung erzielt. Tiere der offenen Landschaft, die sich in Gebüsch und baumbestandenen Gegenden aufhalten,

nähren sich nicht ausschließlich von Gräsern und Kräutern, sondern nehmen mit Vorliebe auch Blätter zu sich und zerbeißen Zweige und kleine Äste der Bäume.

Elefanten, Nashörner, Giraffen, manche Antilopen u. a. Säugetiere mehr nähren sich besonders gern von Blättern und Zweigen. Auffallend ist der Unterschied im Verhalten des spitzschnauzigen



Abb. 60. Bennetts Känguruh (*Macropus hennetti*, Gould.) aus Tasmanien.

Gewunde Springer sind die Känguruis, deren Organisation sie befähigt, in großen Sprüngen in verhältnismäßig kurzer Zeit die Grasbenen ihrer Heimat zu durchheilen. Ihre Hintergliedmaßen sind zu Sprungbeinen entwickelt, während die Vorderbeine sehr verkürzt sind. Der mächtig entwickelte Schwanz dient ihnen beim Sitzen als Stütze.

Nashorns, das sich mit Vorliebe von Blättern und Zweigen nährt und dem des breitmäuligen Nashorns, das auf den Grassteppen weidet. Merkwürdig ist auch die seelische Verschiedenheit beider. Während das erstere äußerst reizbar und angriffslustig ist, erweist sich das letztere als viel friedfertiger.

Laufftiere. Zahlreiche Steppentiere sind Dauerläufer geworden, die infolge ihres leichten Körperbaues und ihrer langen und schlanken



Abb. 61a. Fuß eines afrikanischen Straußes (*Struthio*).

Die Füße der echten Strauße (*Struthionidae*) sind nur zweizehig. Die Hintergliedmaßen sind zu echten Laufbeinen geworden, mit denen sie schnell und gedauert die Steppen und Wüsten Afrikas und Westasiens durchsilen. Schenkel und Läufe sind unbefiedert.



Abb. 61 b.

Bei dem auf den Pampas von Südamerika heimischen Nandu (*Rhea americana*, V. ill.) sind die kräftigen Laufbeine noch mit drei Zehen bewehrt, auch ist der Schenkel noch befiedert.

Gliedmaßen schnell und ausdauernd laufen können. Das hat für die Bewohner der tropischen Steppen Afrikas, wie für die zahlreichen Wiederkäuer und Einhufer der asiatischen Steppen Gültigkeit. Antilopen, Wildpferde und wilde Kamele können flüchtigen Laufes in verhältnismäßig kurzer Zeit weite Strecken durchheilen. Auf den Grasebenen Australiens bewegen sich die Kängurus (Abb. 60) mittelst ihrer zu langen Sprungorganen umgestalteten Hinterbeine springend fort. Auf den Pampas Südamerikas erweisen sich die Pampashirsche als ausgezeichnete Läufer und unter den Vögeln haben sich die afrikanischen Strauße (Abb. 61a) und die südamerikanischen Nandus (Abb. 61b) zu ausgeprägten Rennern entwickelt. Unter völliger Aufgabe des Flugvermögens und vorzüglicher Ausbildung des Auges haben sich diese Vertreter des Vogelgeschlechts bei gleichzeitiger Entfaltung zum Riesenwuchs zu Laufvögeln ausgebildet. Der Luftgehalt ihrer Knochen ist verschwunden, auch zeigt das Brustbein keinen Kamm, während dieser bei den guten Fliegern unter den Vögeln besonders ausgebildet ist.

Wühltiere. Die offene Landschaft bietet aber auch nach anderer Richtung hin zahlreichen Tieren Unterkunft und Nahrung. Während die



Abb. 62. Kapsches Erdferkel (*Orycteropus capensis*, Gmel.).

Die in den Steppen Afrikas heimischen Erdferkel sind Termitenfresser. Mit ihren hufartigen Grabklauen verstehen sie sehr geschickt die Termitenbaue zu öffnen.

bisher geschilderten Geschöpfe sich von tierischer und pflanzlicher Nahrung, die auf und über dem Boden zu finden ist, ernähren, gibt es zahlreiche andere, deren Nahrungsquellen unter dem Boden zu suchen sind. Es sind dies grabende und wühlende Tiere. Ihrer verschiedenartigen Nahrung nach lassen sie sich in Insektenfresser und Wurzelfresser einteilen. Unter den Säugetieren gehören die ersteren entweder der Gruppe der Insektenfresser oder derjenigen der Zahnarmen (Edentata) an, während die letzteren durch im Boden lebende Nagetiere (Abb. 62) vertreten werden. Zu den grabenden Zahnarmen gehören die Erdferkel (*Orycteropidae*). Sie sind Bewohner der Steppen Afrikas und nähren sich von Termiten. Die Gliedmaßen dieser Grabtiere sind zum Graben und Scharren eingerichtet. Die Insektenfresser können mit ihrem aus scharfen, zugespitzten Zähnen bestehendem Gebiß die chitinschaligen Insekten leicht zermalmern, während sich die Nager mittelst ihres Nagegebisses Wurzeln, Zwiebeln und Knollen als Nahrung zugänglich machen. Eine Rückbildung ihres Gebisses kennzeichnet die Zahnarmen, deren lange

wurmförmige oder riemenartig gestaltete Zunge, die weit vorstreckbar und einziehbar ist, sie zum Insektenfang vorzüglich befähigt. Breite, hufartige Grabkrallen kennzeichnen die unterirdisch lebenden Höhlentiere. Ihr Gebiß ist besonders gut ausgebildet, zumal sie Nachttiere sind und mit Eintritt der Dämmerung bzw. der Nacht aus ihren Verstecken hervorkommen, um auf Nahrungssuche zu gehen. Viele von ihnen haben überaus lange Ohren, manche besonders große Augen, die ihnen in der Dunkelheit zum Eräugen der Beutetiere, sowie zum Erkennen der Gefahr sehr zu statten kommen. Bei den meisten Grabtieren ist aber das Gesicht schlecht entwickelt, dagegen neben dem Gehör der Tastsinn besonders scharf ausgebildet.

Gleich zahlreichen Bodentieren der offenen Gebiete sind auch die Erdbewohner sehr gesellig. Sie leben häufig in großen Gesellschaften dicht neben und beieinander. Auch vergesellschaften sie sich nicht selten mit ihnen völlig artfremden Geschöpfen, die sie in ihren Höhlen dulden und auch von diesen ohne Gefahr für ihr Leben geduldet werden.

Färbung. Da die gesamte Landschaft, in der sie leben, unter dem Einfluß der Lichtfülle steht und dementsprechend in hellem Pflanzenkleid erscheint, erweist sich auch das Körperkleid ihrer Bewohner licht gefärbt, mag es sich dabei um Haare, Federn, Schuppen oder nackte Haut handeln. Je nach der Beschaffenheit des Bodens auf dem sie leben, oder der Pflanzendecke, in der sie leben, sind diese Farben abgestuft. Wo die einfache Farbe nicht ausreicht, um das Geschöpf mit seiner Umgebung in Einklang zu bringen, wird durch verschiedenfarbige Ringelung des Haarkleides oder Schattierung des Federkleides die notwendige Übereinstimmung erreicht. Im Gegensatz zu den Waldtieren sind die Bewohner der offenen Gebiete heller gefärbt. Der Steppenleopard hat ein bedeutend helleres Fell als sein waldbewohnender Vetter, auch sind die Flecken kleiner und weniger ausgeprägt. Was für die Steppenbewohner gilt, hat für die Wüstenbewohner noch erhöhte Gültigkeit. Hier fordert die Anpassung an die Sandfarbe die Aufhellung des Körperkleides. Beim Wüstenluchs oder Karakal ist die Fleckzeichnung bis auf wenige Spuren verloren gegangen, der Wüstenfuchs zeigt die lichte Farbe des Sandes und selbst Reptilien, wie die Giftschlangen, und Insekten, unter diesen namentlich die Heuschrecken, lassen den Schwund bzw. das Abblassen der Flecken und Farben in Anpassung an die Farbe des Sandes erkennen. Ausgesprochene Sandfarbe zeigen unter den Antilopen namentlich die Gazellen, auch die Saigaantilopen spiegeln in der lichten Beschaffenheit ihres Haarkleides die Farbenverhältnisse ihrer heimischen Umgebung wieder. Dasselbe gilt auch für zahlreiche Vögel, die Steppen- und Wüstengebiete bewohnen. Es sei nur an Steppenhühner und Wüstenlerchen erinnert.

Beweglichkeit. Eine besondere Eigenschaft zahlreicher Steppen- und Wüstenbewohner ist es, längere Zeit Durst zu ertragen. Da die Wasserplätze in diesen Gegenden weit auseinander liegen, bedarf es besonders feiner Sinne, sowie leichtfüßiger Schnelligkeit, um Wasser zu finden, bzw. um von einer Wasserstelle zur anderen zu gelangen.

Da der Aufenthalt in Trockengebieten große Behendigkeit verlangt, sind die jungen Wiederkäuer mit besonders langen Gliedmaßen ausgerüstet, deren Länge nicht im Verhältnis zu ihrer Körpergestalt steht. Sie können somit ihren Müttern schnellen Laufes folgen. Auch bedürfen sie solcher hohen Beine, um bequem zum Euter der Mutter gelangen zu können.

Unter den Reptilien haben die die Wüste bewohnenden Skinke eine große Behendigkeit in der Bewegung durch den Wüstensand erlangt. Ihr glatter Körper leistet bei der Fortbewegung keinen Widerstand. ihre

Gliedmaßen dienen zum Graben, Scharren und Rudern, so daß sie förmlich durch den Sand „schwimmen“.

Einfluß der Jahreszeiten. Dem Gegensatz zwischen Regen- und Trockenzeit haben sich die Bewohner der Trockengebiete in mannigfaltiger Weise angepaßt. Während der Regenzeit bietet ihnen die Steppe durch ihre Pflanzenfülle ein müheloses Dasein, sobald aber in der Trockenzeit die Wasser versiegen und die Pflanzenwelt verdorrt, sehen sich viele Tiere gezwungen, nach günstigeren Nahrungsgebieten zu wandern, z. B. die Antilopen. Nur die Erdbewohner harren aus, da diese auch in der klimatisch ungünstigen Zeit des Jahres ausreichende Nahrung in Würmern, Larven, Wurzeln usw. finden.

Den abziehenden Wiederkäuern folgen die Raubtiere. So veranlaßt der Wechsel von Regen- und Trockenzeit regelmäßige Wanderungen.

Zahlreiche andere Geschöpfe, Krokodile, Schlangen, Schildkröten, Kröten und Frösche, denen infolge ihrer körperlichen Beschaffenheit eine größere Wanderung versagt ist, verfallen beim Austrocknen der Wassertümpel, Seen und sogar Flüsse in einen „Trockenschlaf“. Sie halten sich oft tief im Schlamm versteckt und kommen bei Beginn der Regenzeit aus ihren Verstecken wohlbehalten heraus.

Die in verschiedenen langen Zeiträumen einsetzende große Dürre in Südafrika zwingt den Springbock zur Wanderung. Zu Tausenden rotteten sich früher diese Antilopen zusammen und zogen in günstigere Nahrungsgebiete, verfolgt von Raubtieren und Raubvögeln, die an ermatteten oder verendeten Exemplaren ihre Freßgier stillten.

Während der Trockenzeit gräbt sich der Lurchfisch (*Protopterus annectens*) in den Schlamm ein und hüllt sich in eine von den Schleimdrüsen seiner Haut abgesonderte, erhärtende Kapsel. Da seine Schwimmblasen zu Lungen umgewandelt sind, ist er befähigt, durch eine Öffnung in der Kapsel den Sauerstoff unmittelbar der Luft zu entnehmen. Bei Beginn der Regenzeit verläßt er seine Hülle und führt ein Wasserleben.

So läßt sich für zahlreiche Bewohner dieser Gebiete mit so starken klimatischen Gegensätzen der Nachweis bringen, daß sie auf Grund ihres Körperbaues und einer diesem entsprechenden Lebensweise befähigt sind, der Außenwelt Trotz zu bieten.

3. Tiere, die für die offenen Gebiete wichtig sind.

Die offene Landschaft ist von zahlreichen Tieren bewohnt, die sich durch ihre Körpergestalt, durch ihre Größe, sowie durch ihre Lebensgewohnheiten dem Auge, namentlich bei der Bewegung, aufdrängen. Dabei lassen sich, durch den Charakter des offenen Landes bedingt, nicht selten Übereinstimmungen nachweisen, die auf Konvergenz beruhen. So läßt der zoo-geographische Charakter der südamerikanischen Pampas in der biologischen Beschaffenheit seiner tierischen Bewohner unverkennbare Ähnlichkeiten mit demjenigen der südafrikanischen Steppendlandschaften erkennen. Die Antilopen werden hier durch den Pampashirsch, die afrikanischen Strauße durch den Nandu, die grahen den Erdferkel durch die Gürteltiere und die verschiedenen Nager durch die *Viscachas* ersetzt.

Die günstigen Nahrungsverhältnisse der Pampas waren der Viehzucht in hohem Maße günstig, so daß unzählige Rinder-, Schaf- und Pferdeherden diese Weiten bevölkern. Sie sind aber auch einem Verwildern der Tiere günstig, und daher werden dort namentlich die Pferde in verwildertem Zustand angetroffen.

Die Tierwelt der Steppen und Wüsten Zentral-Asiens ist mehr

wie andere Gegenden der Erde geeignet, ein Bild von der reichgegliederten Zusammensetzung des tierischen Lebens der offenen Landschaft zu geben.

Die zentralasiatische Hochsteppe vereinigt in sich von erdkundlichen Gesichtspunkten aus eine eigentümliche Vermischung von Wüsten- und Alpencharakter. Sie liegt in ihrer ganzen Ausdehnung erheblich höher über der Meeresfläche wie die Steppen Afrikas und Vorderasiens und besitzt ein kontinentales, extremes Klima mit glühenden Sommern und eisigen Wintern. Daher hat die Tierwelt, die diese Gegenden bewohnt, mit Dürre und Hitze und der Glut des Sommers, sowie mit furchtbaren Kälte und Schneestürmen zu kämpfen. Diese Hochsteppenbewohner sind daher in klimatischer Hinsicht außerordentlich abgehärtet. In kleinen Trupps, von einem alten Eselhengst geführt, durchstreift in der Hochsteppe der Dschiggetai oder Kulan, in der vorderasiatischen Tieflsteppe der verwandte Onager diese Einöden. Auch führen die mutigen Hengste den Wolf nicht. Die eigentliche Wüste meiden sie. Auf den wüstensten Teilen dieser Gebiete lebt in Herden von 5—15 Stück, ebenfalls von einem Hengst geführt, Preschewalski's Wildpferd. Auch das wilde Kamel, die behende Stammform des wichtigsten Haustieres der asiatischen Nomaden, findet sich in diesen Wüsteneien.

Als weitere tierische Bewohner dieser Gegenden seien die Saigantilope, Königstiger, Manulkatze, Wolf, Steppenfuchs oder Korsak und unter den Nagetieren Ziesel, Bobak, Blindmoll, Streifenmaus und Hamstergenannt. Auch Marmeltiere, Pfeifhasen, Springmäuse gehören der Hochsteppe an. Aus der Klasse der Vögel seien Jungfernkranich, kleine Trappe, Mongolfasan und Mongolenlerche und unter den Reptilien die Steppenotter hervorgehoben. Da die Daseinsverhältnisse im Sommer günstige sind, gibt es in diesen Hochsteppen ein mannigfaltiges, an Arten und Individuen zahlreiches Tierleben in friedlichem Beieinander.

Eine ebenfalls mannigfaltige Tierwelt bevölkert die niedrigen und mittleren Steppen und Wüsten Nordafrikas und Arabiens. Für diese Landschaften ist die Gazelle das Charaktertier. Sie kommt innerhalb dieses großen Gebietes in verschiedenen Arten vor, die in Farbe und Hornbildung voneinander abweichen. In den Flugsandgebieten der inneren Sahara lebt die weiße oder Loder's Gazelle, deren breite Hufe sie wie das Kamel befähigen, über den Sand hinwegzuziehen ohne einzusinken. Auch Steppenkuh (*Alcelaphus bubalis*) und Addax- oder Mendesantilope, sind für diese Gegend noch zu nennen. Am Nordrand der Sahara lebt auf den Felsengebirgen ein Wildschaf, das Mähnenmufflon. Von den dort lebenden Raubtieren seien Leopard, Gepard, gestreifte Hyäne, Schakal, Fennek, Genette und Ichneumon, Serval und Wüstenfuchs noch aufgeführt. Aus der Gruppe der Nager sind für diese Landschaften das Stachelschwein, sowie die Springmäuse bezeichnend. Eine zahlreiche Vogelwelt bevölkert diese Einöden; Brachvögel, Zwergohreulen, Haubenlerchen u. a. m. finden sich dort, während unter den Reptilien die gefährliche Hornvipere die Giftschlangen, der Apothekerskink die dem Wüstenboden angepaßte Eidechse charakterisiert.

Bei der Schilderung des Tierlebens dieser offenen Landschaften muß es auffallen, daß sich deren Fauna aus einer großen Zahl von Wiederkäuern, Nagern und Vögeln zusammensetzt, als deren natürliche Verfolger eine entsprechend große Menge von großen und kleinen Raubtieren nachzuweisen ist, eine Tatsache, die auf Ausgleich und Wechselbeziehung der Tiere zueinander beruht.

Ähnliche Lebensverhältnisse lassen sich auch für die Tierwelt der nord-amerikanischen Prärie nachweisen. Hier lebte in aus unzählbaren Individuen bestehenden Herden der Indianerbüffel oder Bison (Abb. 63), dessen kümmerliche Reste in von der Union ihm eingeräumten Reservaten in geringer Anzahl noch erhalten werden. Ihnen folgten als natürliche Feinde die Präriewölfe. Auch ein Fuchs, der Präriefuchs, wird hier angetroffen. Einanderer typischer Säuger dieser Landschaft ist die Gabelgemse, deren besondere Eigenart darin besteht, daß sie ihre Hörner, wie die Hirsche ihr Geweih, in Zeitläufen abwirft. Als ein wichtiges Pelztier der Trapper und Pelzjäger ist der Präriehund anzuführen, ein Nager, der sich ausgedehnte Ansiedelungen anlegt. Eine merkwürdige Erscheinung in dem Tierleben der Prärien ist es, daß die Baue der Präriehunde von zwei schlimmen Feinden kleinerer Nagetiere, den Erdeulen und Klapperschlangen, geteilt werden. Hier ist es das gleiche Schutzbedürfnis, das diese ungleichen Geschöpfe in den schutzbietenden Höhlen zusammenführt. Unter den Vögeln dieser Einöden sind wilde Truthühner und Präriehühner hervorzuheben.

Abb. 63. Bison (*Bos bison*, L.).

In aus kleineren Trupps zusammengesetzten Herden durchwanderten früher die Bisons oder Indianerbüffel die Prärien Nordamerikas. Heute ist ihre Zahl durch nutzlose Verfolgung sehr dezimiert. Durch Schonung und Haltung in staatlichen Reservaten wird dieses Wildrind vor gänzlicher Ausrottung geschützt.

Die Gräser und Kräuter dieser Grasbenen werden von zahllosen Insekten bewohnt. Auch auf den Wiesen unserer Heimat läßt sich dieser Insektenreichtum beobachten. Schmetterlinge und Käfer, sowie deren Raupen und Larven, Feldhenschrecken, Mücken, Tausendfüßer u. a. m. finden sich dort zahlreich vertreten. Dieser Pflanzen- und Insektenreichtum, der feils auf den Pflanzen oder im Wiesenboden lebt, lockt zahlreiche kleine Säugetiere und Vögel an, die sich von ihnen, sowie von anderen niederen Tieren, z. B. den Regenwürmern, ernähren oder sich gegenseitig beflehen. Als solche sind u. a. Maulwurf, Schermaus und Feldmaus, Wiesenweihe, Wiesenschmätzer, Wachtel, Wachtelkönig anzuführen. Die Wechselbeziehung der Tiere zueinander und die Abhängigkeit der einzelnen Arten voneinander läßt sich hier vortrefflich nachweisen und studieren.

Im kalttemperierten Europa schließt sich der Tierwelt der Wiesen die der Heiden an. Die Zahl der Säugetiere ist hier nur sehr beschränkt. Aus den nahen Wäldern treten Rehe in die Heide hinans. Auch der Hase ist in der Heide heimisch. Das gleiche gilt von dem wilden Kaninchen, dessen Bauten in manchen Gegenden häufig angetroffen werden. Namentlich finden sie sich dort, wo Wälder und Äcker in der Nähe sind. Auf der Heide heimisch ist auch der Fuchs, der den vorhergenannten Säugern, sowie auch manchen dort lebenden Vögeln nachstellt. Das gediehene Volk der Lüfte ist auf der Heide durch eine große Anzahl von Arten vertreten. Granammer, Hänfling, Haubentlerche, Heideelerche, Wiesenpieper, Steinschmätzer u. a. m. sind hier zu finden. Als

stattlichsten Vogel der Heide ist das Birkhuhn zu nennen, das sich im Sommer und Herbst von Beeren, in der knappen Zeit von Knospen, jungen Kiefernzapfen und Kätzchen nährt. Zahlreich sind auch hier die Insektenvertreter. Heidekrautspanner und deren Raupen beleben die Heidepflanzen, Heuschrecken, Fliegen, Mücken, Bienen u. a. m. finden dort ihre Nahrung, welche ihrerseits wiederum Eidechsen, Blindschleichen und Kröten zur Beute werden. Die schlimmste Feindin der



Abb. 64. Kopf einer Bekassine oder Sumpfschnepfe (*Gallinago gallinago*, B.).

Mit ihrem langen, biegsamen und tastfähigen Schnabel verstehen es die Schnepfenvögel sehr geschickt, ihre aus Insekten und Würmern allerlei Art bestehende Nahrung dem Boden zu entnehmen.

Letzteren ist die Kreuzotter, die mit Vorliebe in dichtem Heidelbeer-
gestrüpp ihren Aufenthalt wählt. Auch allerlei Larven und Spinnen, unter diesen die Wolfsspinnen, desgleichen Ameisenlöwe, Wespen und Feldgrillen seien noch besonders als typische Vertreter des Tierlebens der Heide erwähnt.

Schließlich darf nicht vergessen werden, daß die Heidschnucke, das Schaf des Heidebauern, als Kulturform aus dem Tierreich stellenweise in der Landschaft der Heide eine besondere Rolle spielt.

Auch die Sumpfwiesen und Moore haben ihre ihnen eigentümliche Tierwelt. Fuchs, Wiesel und Iltis sind hier jagend anzutreffen, während an den Wasserläufen Fischotter und Wasserspitzmaus ihr Wesen treiben. Grasfrosch und Teichfrosch sind hier besonders zahlreich. Aus der Klasse der Vögel sind Rohrweihe, (Abb. 64), Sumpfstelze, Sumpfpieper, Rohrammer, Kiebitz, Bekassine, Wasserralle, Sumpfhühner u. a. zu nennen. Auch der Storch macht sich auf den Sümpfen und Brüchen zu schaffen. Als Brutvögel auf Sumpfwiesen sind Wildenten und Graugans anzutreffen. Aus der Insektenwelt sind die zahllosen Schnackenschwärme, die den Aufenthalt dort verleiden, hervorzuheben.

4. Tiere der Sumpflandschaften.

An die Besprechung der offenen Landschaften schließt sich am besten die der eigentlichen Sumpfbiete an. Diese bildet in mancher Hinsicht den Übergang zur Tierwelt der Gewässer, denn es finden sich unter den Sumpfbewohnern viele Formen, die auch die Fluß- und Seeufer, sowie die Küsten bewohnen.

Um das Einsinken in den weichen und schlüpfrigen Boden, der die Fortbewegung hemmt, zu vermeiden, besitzen die Sumpfbewohner verschiedene Einrichtungen an den Hufen und Beinen. Bei den im tropischen Afrika (Abb. 65) lebenden Sumpfantilopen sind die Hufe besonders lang und so spreizbar, daß sie eine breite Fläche erzeugen,

die das Einsinken verhindert. Unter den Säugetieren gibt es manche Arten, die die Sumpflandschaft als ständiges Wohngebiet wählen. So verläßt der Südamerika bewohnende Sumpfhirsch die sumpfigen Gegenden seiner Heimat nur bei Überschwemmungen. Einen Übergang zu den eigentlichen Wassertieren bildet durch ihre Lebensweise die Biberratte oder der Sumpfhiber, der einen großen Teil des gemäßigten Südamerikas bewohnt



Abb. 65. Fuß einer Sumpfantilope Afrikas (*Limnotragus*). Die Sumpfantilopen bewohnen die Seen und Sümpfe des afrikanischen Urwaldes. Hier stehen sie oft beintief im Wasser. Um in den Morast nicht einzusinken, können sie ihre verlängerten Zehen und Hufe weit spreizen.

und paarweise an den Ufern von Seen und Flüssen angetroffen wird. Selbst ein Vertreter aus dem Geschlecht der Hasen hat sich an den Sumpfaufenthalt gewöhnt. Es ist der Sumpfhase (*Lepus palustris*), der in Florida und den anstoßenden Staaten heimisch ist und sehr gut schwimmen kann. Auch ein Raubtier, der Sumpfluchs (*Felis chaus*), liebt den Sumpfaufenthalt. Er findet sich vorzugsweise zwischen dichtem Schilf und Gras im vorderasiatisch-persischen Tiergebiet. Ein naher Verwandter, der ägyptische Sumpfluchs (*Felis Rueppelli*) bewohnt die Sumpflandschaften Ägyptens.

Groß ist vor allem der Reichtum an Vögeln in den Sumpfgebieten. Namentlich an den abflußlosen Seen finden sich zahlreiche Vögel verschiedenster Art, die sich von dem Reichtum der Insekten, Schalthiere, Würmer, Larven usw. nähren. Zur Aufnahme der in den Sümpfen lebenden Tierwelt sind diese Vögel durch besondere Entwicklung ihres Schabels befähigt, dabei leistet ihnen die Ausbildung ihrer langen Watbeine, deren Füße, um das Einsinken zu verhindern, mit Spannhäuten versehen sind, vortreffliche Dienste.

Als solche Sumpfbewohner sind viele Storehvögel zu nennen, deren Nahrung vorzugsweise aus Reptilien und Amphibien besteht. Ihnen schließen sich die Ibis und Sichler an. Sie besitzen lange, gebogene, nur an der Spitze harte, sonst weiche Schnäbel, die sie zur Nahrungssuche geschickt zu verwenden wissen. Für den gleichen Aufenthalt eignen sich auch vorzüglich die Sumpfschnepfen, deren langer gerader Schnabel sie zum „Stechen“ im sumpfigen, weichen Boden befähigt. Aus der großen Schar der für die Ausnutzung der durch das sumpfige Gelände gebotenen Existenzmittel organisierten Vögel seien Sumpfeulen, Sumpfhühnchen, Sumpfläufer, Sumpfsänger, Sumpfmeisen, Brachvögel, Regenspießer, Kibitze hervorgehoben.

Viele Tierarten, die als Bewohner der Sumpfwiesen angegeben wurden, finden sich noch zahlreicher in den ausgeprägten Sumpflandschaften wieder. Namentlich in den mit Schilf und Rohr bestandenen Gegenden pulsiert ein reiches Tierleben, da dieser Pflanzenverein vorzügliche Verstecke für zahlreiche größere und kleinere Tiere bietet.

Schilfreiche Gegenden sind das Wohngebiet der Rohrdommeln, die durch einen langen, spitzen Schnabel ausgezeichnet sind und sich von

kleinen Säugetieren, Vögeln, Reptilien, Amphibien, Fischen und Würmern ernähren. Den Schilfaufenthalt bevorzugen auch die Reiher, namentlich die Nachtreiher. Sie stehen mit eingebogenem Hals oft lange Zeit unbeweglich auf der Lauer. Sobald sie eines Fisches ansichtig werden, stoßen sie mit ihrem langen Hals und spitzen Schnabel vor und erlangen ihre Beute mit fast unfehlbarer Sicherheit.

Küstensümpfe und salzige Brackwasser sind der Aufenthaltsort



Abb. 66. Kopf eines Flamingo (*Phoenicopterus roseus*, Pallas).

Die zu den Storchvögeln gerechneten Flamingos bewohnen Strandseen mit salzigem und brackischem Wasser. Mit ihrem eigenartig gebogenen Schnabel gründeln sie nach Art der Enten, um Würmer, Insektenlarven, Schnecken und Muscheln zu erlangen.



Abb. 67. Löffler (*Platalea leucorodia*, L.). Der in Südeuropa und Mittelasien heimische Löffler entnimmt Strandseen und Sümpfen mit seinem löffelförmig abgeplatteten Schnabel seine aus allerlei kleinem Getier, sowie Fischen, bestehende Nahrung.

der Flamingos (Abb. 66). Sie fischen mit ihren sonderbar geknickten Schnäbeln nach Entenart im Schlamm nach kleinen Wassertieren, Mollusken, Krebsen, Würmern und pflanzlichen Stoffen. Da der Nahrungsreichtum solcher Gegenden oft ein unermesslicher ist, finden sich dort die verschiedensten Sumpfvögel in großen Scharen vereinigt. Der Löffler (*Platalea leucorodia*) gehört ebenfalls hierzu. (Abb. 67).

Auch unter den Reptilien und Amphibien gibt es zahlreiche Sumpfbewohner. Krokodile lieben den Sumpf- und Schlammaufenthalt und zahlreiche Sumpfschildkröten sind hier ebenfalls heimisch. Im Gegensatz zu ihren landbewohnenden Verwandten sind die Sumpfschildkröten weit intelligenter und beweglicher, da sie ihre Beutetiere, die oft gewandt sind, überlisten müssen. Sie sind vortreffliche Schwimmer, die den Fischen mit Geschick und Gewandtheit folgen können. Hier ist auch der Lieblingsaufenthalt zahlreicher Frösche und Molche, auch viele Sumpfschnecken und Würmer, namentlich die Blutegel, finden sich hier. Das Tierleben im Sumpfgebiet bildet demnach eine Lebensgemeinschaft eigner Art, in der zahllose Geschöpfe in ihren Lebensbedingungen aufeinander angewiesen sind.

Kapitel III. Die Tierwelt der Höhengebiete.

1. Allgemeines.

Lebensbedingungen. Die Verbreitung der Tierwelt nach Höhenstufen verlangt in mancher Hinsicht ganz andere Anpassungserscheinungen als die nach wagerechter Ausdehnung ihres Verbreitungsgebietes. Mit dem Aufstieg in die Höhe stellt sich der Einfluß der Abnahme der Temperatur auf die organische Natur ein. Es ist aber nicht diese allein, welche das tierische Leben in seiner Ausdehnung und Entfaltung beeinträchtigt, sondern auch die Abnahme des Luftdruckes. Mit zunehmender Höhe nimmt auch der Sauerstoff der Luft ab, so daß sich bis zu einer gewissen Grenze ernste Störungen für das tierische Leben geltend machen. Wegen der Verdünnung der Luft mit zunehmender Höhe verringert sich auch die Absorption der Sonnenstrahlung durch die Luft, um so mehr, als auch der geringere Wasserdampfgehalt der oberen Luftschichten die Absorption verringert. Obwohl die Temperatur mit der Erhebung in allen Gegenden der Erde durchschnittlich um $0,5-0,6^{\circ}$ für je 100 m abnimmt, zeigen sich örtlich und zeitlich sehr erhebliche Verschiedenheiten. So findet die Wärmeabnahme auf der Nordhemisphäre im allgemeinen rascher auf der Südseite als auf der Nordseite der Gebirge statt, etwas rascher bei frei aufsteigenden als bei langsam ansschwellenden, plattformartigen Erhebungen, ferner auch rascher im Sommer als im Winter. Hierdurch wird das Tierleben in seiner Verbreitung, sowie auch in seinen Lebensgewohnheiten beeinflusst. Auch die Heftigkeit des Windes, der in den höheren Lagen des Gebirges sich besonders stark geltend macht, beeinträchtigt das Tierleben in seiner Entfaltung.

Je höher im Gebirge hinauf, um so mehr stellen sich nordische Verhältnisse ein, bis im eigentlichen Hochgebirge arktische klimatische Zustände erreicht sind. Als äußerer Ausdruck dieser Tatsache stellen sich dort das ganze Jahr über vorhandene Schneeflächen und Gletscher ein.

Obwohl die Schnee- und Eisregion der Hochgebirge für zahlreiche Tierarten das Leben ausschließt, haben sich dennoch manche diesen unwirtlichen Wohnstätten angepaßt. Es ist aber weniger die Kälte, welche vielen Geschöpfen den Aufenthalt unmöglich macht, als in erster Linie die Abnahme bzw. Veränderung der Pflanzendecke in den Höhenlagen bis zum gänzlichen Schwund derselben in der Eis- und Felsenwüste der höchsten Gebirge. Die Verbreitung der Pflanzendecke ist also für die Verbreitung der Tierwelt bestimmend. Als natürliche Folge der mit der Höhenzunahme sinkenden Temperatur stellt sich eine Verkürzung des Hochgebirgssommers und eine verminderte Dauer der Vegetationszeit ein. Das wirkt auf die Zusammensetzung der Tierwelt zurück.

Was für die Pflanzenfresser gilt, hat auch für die Raubtiere Gültigkeit, da diese in ihrem Vorkommen von dem der ersteren abhängig sind. So lassen sich auch hier im Tierleben die innigsten Wechselbeziehungen zwischen Tier und Umwelt nachweisen. Dehnt sich bei eintretendem Winter der Schneemantel der Hochgebirge nach unten zu aus, dann ziehen sich zahlreiche Gebirgsbewohner in günstiger bestellte Nahrungsgebiete der unteren Lagen des Gebirges zurück, um beim Eintritt der wärmeren Jahreszeit wieder nach oben zurückzuwandern. Dieses Vermeiden ungünstiger Bedingungen wirkt auf die Gebirgstiere verweichlichend, denn sie wissen den Unbilden der Witterung zu entgehen, während der Bewohner der Ebene allen Einflüssen der Witterung ausgesetzt ist, was entschieden abhärtend wirkt. Daher kommt es, daß Gebirgstiere die Gefangenschaft meist viel schlechter vertragen als Tiere der Ebene.

Der Höhenwald als Tieraufenthaltort erreicht nur eine bestimmte Höhe im Gebirge. Danach verschwindet er, der Baumbestand wird lichter, die einzelnen Bäume gedeihen nicht mehr recht, sie werden krüppelig und machen schließlich dem Krummholz Platz. Letzteres gewährt infolge seines niederen Wuchses begreiflicherweise nur kleineren Geschöpfen Unterschlupf und Deckung.

Eine eigene Tierwelt, namentlich in bezug auf Insektenarten, beherbergen die grünen Matten. Da hier Gräser und Alpenblumen ein üppiges Gedeihen zeigen, finden auch zahlreiche Tiere, namentlich Insekten, aber auch diese vertilgende Vögel, hier ihre Daseinsbedingungen.

Wo sich auf den Gebirgen Grasfluren weiter ausdehnen, entstehen Hochgebirgssteppen, die vielen Tieren günstige Nahrungsverhältnisse bieten.

Im oberen Gürtel der Hochgebirgsstufe werden die Niederschläge immer geringer und die trocknenden Wirkungen der verdünnten Luft kommen immer stärker zur Geltung. Das für das Gedeihen des Graswuchses günstige Klima verliert sich und macht dem Wüstenklima Platz. An solchen Orten ist die Pflanzenwelt äußerst spärlich und beschränkt sich schließlich auf wenige Polsterpflanzen und Flechten. Auch das tierische Leben bescheidet sich in diesen Gebieten auf wenige Formen. In diesen Felswüsten können nur solche Geschöpfe gedeihen, die sich außerordentlicher Klettergewandtheit erfreuen, sich in der Äsung mit geringer Pflanzennahrung genügen und befähigt sind, bei Nahrungsmangel tiefer gelegene Teile des Gebirgstockes aufzusuchen. Wildschafe und Wildziegen sind die charakteristischen Bewohner dieser Region.

Noch ungünstigere Nahrungsverhältnisse bietet die Eis- und Schneewüste. Sie ist der Todfeind jeglichen Pflanzenwuchses und daher für Pflanzenfresser als dauernder Aufenthalt nicht geeignet.

2. Der Einfluß der Höhengebiete auf die Tiere.

Um der Einwirkung des Hochgebirgswinters zu entgehen, überdauern manche Gebirgsbewohner, wie das Murmeltier, in selbstgegrabenen Höhlen die Winterzeit. Sie fallen darin in einen Winterschlaf, bei welchem Atmung und Blutkreislauf auf ein geringes Maß herabgesetzt sind. Während des Winters ruhen bei ihnen Verdauung und Abscderung. Bei Eintritt der milden Witterung erwachen sie wieder aus dem Winterschlaf.

Anpassung an die Hochgebirgsstufe. Der Einfluß des Hochgebirges auf die Tiere läßt sich am besten bei einem Vergleich mit der Tierwelt des Mittelgebirges verstehen. Hier besitzt die Pflanzendecke noch eine weit größere Bedeutung, weshalb auch hier der Tierreichtum ein noch bedeutend größerer ist. Hier plänkeln noch viele Tiere der Ebene in die mittleren Höhenlagen hinein. Sie gewöhnen sich bereits an veränderte Nahrung oder sind als Baumtiere dem Baumaufenthalt angepaßt. Wo die Pflanzendecke aber verschwindet und der Fels das Übergewicht erlangt, schlagen die Anpassungen der Tiere eine ganz andere Richtung ein. Um sich auf dem bröckelnden Gestein sicher zu bewegen, tritt bei den Wiederkäuern steile Stellung der Hufe ein. Die abnehmende Temperatur verlangt aber ein warmes Kleid und der Aufenthalt auf schwindelnder Höhe und der zerklüfteten Aufbau des Gesteins setzen Schwindelfreiheit und sichere Sprunggewandtheit voraus, die die Tiere sich beim Aufstieg in das Gebirge erwerben müssen. Außerdem verlangt die spärlich verteilte Nahrung Anpruchslosigkeit in der Ernährung. Da das Wetter in den Gebirgen oft rasch wechselt, müssen die Sinneswerkzeuge der Gebirgstiere für solchen

Wechsel besonders fein entwickelt sein, um dem drohenden Unwetter rechtzeitig zu entgehen.

Die Farbe und Zeichnung der Höhentiere richtet sich nach der Höhenlage der Landschaft. In den Tälern der Mittelgebirge, in denen die Pflanzenwelt noch in mehr oder minder üppiger Fülle gedeiht, zeigt auch die Tierwelt dementsprechend ein farben- und zeichnungsreiches Gewand und unterscheidet sich noch nicht viel von der der Ebene. Mit dem Aufstieg nach Oben ändert sich aber das Aussehen. Durch das Vorherrschen der Nadelhölzer wird der Gesamteindruck der Landschaft düsterer. Das macht sich auch in dem Aussehen der Tiere geltend. Die leuchtenden Farben verschwinden und machen blasseren Tönen Platz. Je mehr die Pflanzenwelt in den höheren Lagen verschwindet, je mehr Fels und Gestein die Vorherrschaft erlangen, um so lichter erscheint auch das Gewand der Tiere. Graue Farbtöne herrschen vor. Allein im Sommer und Winter haben sie nicht die gleiche Farbe. Die Tierwelt trägt während des Winters das Schneekleid der Umgebung. Mit dem Beginn des Frühlings aber, zur Zeit der Schneeschmelze in tieferen Lagen, in denen sich dann die aufkeimende Pflanzendecke geltend macht, findet bei den Alpentieren ein Farbenwechsel statt, indem dunkelbraune und graue Farbtöne das Schneekleid für die Dauer des Hochgebirgssommers verdrängen.

Seelenleben. Das Seelenleben der Gebirgstiere tritt namentlich bei den Wiederkäuern deutlich hervor. Es sind scheue, aber in Gefahr mutige Tiere, die über eine große Klugheit verfügen, da sie angesichts der verschiedensten Gefahren, die das Gebirge bietet, nicht selten einen plötzlichen Entschluß fassen und mutige Taten wagen müssen. Die hohe geistige Begabung der Gebirgstiere ergibt sich besonders deutlich bei einem Vergleich der Seeleneigenschaften zwischen Wildschaf und seinen als Haustiere verblödeten Verwandten.

Da den friedfertigen pflanzenfressenden Gehirgstieren auch die Raubtiere in die Höhenlagen folgen, so darf es ihnen an Kraft und Klugheit nicht fehlen, um den Angriffen dieser begegnen zu können und dadurch ihr Leben, namentlich das ihrer Jungen, zu erhalten.

3. Wichtigste Gebirgstiere.

Wie kaum ein anderes Gebiet der Erde wirkt das Gebirge durch seine abgeschlossenen Gebirgstöcke, die durch tiefe Täler häufig getrennt werden, absondend auf seine Bewohner ein. Dadurch wird der Entstehung von Abarten Vorschub geleistet. Auch die Lage der einzelnen Gebirgstöcke ist hierbei maßgebend. So lassen sich in den zentralasiatischen Hochgebirgen verschiedene Steinbockformen unterscheiden, auch von den dort heimischen Wildschafen ist eine Reihe von Arten bekannt. Viele Gebirgstöcke beherbergen für sie bezeichnende Tiere.

So findet sich die Bezoarziege (Abb. 68) auf den kleinasiatischen Bergen von 1500 m an aufwärts. Die Gemse der Schweizer Alpen war ursprünglich ein Tier der Ebene. Sie gehört nicht der eigentlichen Schneeregion an, sondern findet sich in der Stufe der Alpenrosen.

In den Hochtälern des Kaukasus hat sich noch ein Rest des einst die deutschen Wälder bevölkernden Wisents erhalten. Einen geradezu fabelhaften Tierreichtum besitzt Tibet. Als Vertreter des Rindergeschlechts lebt dort der wilde Yak auf den Gebirgen. In dergleichen Gebieten findet sich auch das riesige Wildschaf, der Kaschgar. Im südlichen Tibet, im westlichen Himalaya, in Afghanistan und Kaschmir haust die Schraubenziege (Abb. 69) auf den Bergen. Auch der Thar und das im Himalaya und in Tibet lebende Moschustier sind hier aufzuführen. Aus dem Geschlecht

der Affen dringt der tibetanische Makak und der tibetanische Schlankaffe bis 3000 Meter hinauf. Aus dem Bärenengeschlecht sei der Prankenbär (*Ailuropus melanoleucus*) erwähnt.

Für die Gebirgswelt Nordafrikas ist unter anderen Säugern das Mähnenschaf (*Ovis tragelaphus*) charakteristisch.

Für die abessinische Hochgebirgswelt sind ein Steinbock (*Capra Walie*), Kudu-Antilope (*Strepsiceros kudu*), Klipp-



Abb. 68. Bezoarziege (*Capra hirsus*, L.).

Im westlichen Asien bewohnt die Bezoarziege alle höheren Gebirge in Herden von 40–50 Stück. Sie gilt als Stammform der Hausziegen.

springer (*Oreotragus saltatrix*), Klippschliefer (*Hyrax*) und Guerezaaffe (*Colobus guereza*) zu nennen. Der Dschelada-Affe findet sich dort bis zu 4000 Meter Höhe.

Am Kilimandjaro streichen Löwe und Leopard in Höhen bis 3000 Meter, die Elenantilope wurde sogar 5000 Meter hoch beobachtet. Zahlreiche Vögel, Raubvögel, Raben, unter diesen Kolkrabe und Alpendohle, Heuschrecken und Schmetterlinge u. a. m. sind für die verschiedenen Gebirge in von einander abweichenden Arten bezeichnend.

Auch die Tierwelt der amerikanischen Hochgebirge ist reich an Arten. Für Nordamerika sind Dickhornschaf (*Ovis montana*)

und Schneeziege (*Haploceros americanus*) aufzuführen, auch der Grisly-Bär scheint vorwiegend Gebirgstier zu sein. Die südamerikanische Gebirgswelt bevölkern die Schafkamele. Auf den Kämmen des Hochgebirges lebt die Vicuña, und der Guanaco liebt neben seinem Vorkommen in der Ebene auch den Gebirgsaufenthalt. Aus dem Hirschgeschlecht steigt der Rotspießhirsch bis 5000 Meter hoch und unter den Nagetieren sind die Hasenmäuse oder Chinchillen als Gebirgsbewohner zu nennen. Zahlreiche Falken, Spechte und Hühnervögel beleben die dertigen Gebirgslandschaften. Als mächtigster der Raubvögel erhebt sich der Kondor bis zu 7000 Meter in die Höhe.

Die Höhengebiete sind der Verbreitung der wechselwarmen Reptilien und Amphibien nicht günstig, weil sie mit ihrer niedrigen Temperatur in den höheren Lagen bis hinauf zur Eis- und Schneeregion nicht die nötige Wärme gewähren, damit diese Geschöpfe gedeihen können. Dennoch haben sich etliche Vertreter dieser Tiergeschlechter in bedeutende Höhenlagen hinaufgewagt. So werden die Bergeidechse (*Lacerta vivipara*) und der Alpensalamander (*Salamandra atra*) in Höhen bis zu 3000 Meter in unserem Alpengebiet gefunden und selbst der Taufrosch (*Rana temporaria*) wurde bis 2500 Meter hoch in kleinen Bächen und kleineren Alpenseen beobachtet. Es ist auf den Einfluß der erschwerten Lebensbedingungen in jenen Gebieten zurückzuführen, daß Bergeidechse und Alpensalamander lebendig gebärend sind. Unter den Schlangen geht die Ringelnatter im Alpengebiet bis zu 1650 Meter empor, während die glatte

Natter (*Coronella lacvis*) sogar 1900 Meter Höhe erreicht, die Kreuzotter sogar bis zu 2750 Meter Höhe gefunden wird. Auch dieses letztere Reptil ist lebendig gebärend, ihre Jungen werden daher nicht der Kälte ausgesetzt, sondern gelangen im Körper der Schlange zur Entwicklung.

Auch die Insektenwelt ist in der Gebirgsregion durch zahlreiche Arten vertreten. Schmetterlinge und Borkenkäfer folgen dem



Abb. 69. Schraubenziege (*Capra falconeri*, Wagn.).

In kleinen Herden bewohnt die Schraubenziege als echtes Gebirgstier die Gebirge von Kaschmir und den angrenzenden Ländern.

Pflanzenwuchs in die Höhenlagen, Blattwespen schädigen die Nadeln der Arven und ein Bewohner der Schneeregion ist der Gletscherfloh (*Desoria glacialis*). Er findet sich in zahlreichen Exemplaren unter den Steinen der Gletschermüränen. Seine Nahrung besteht aus Tierleichen, die auf dem Schnee der Gletscher liegen.

Für unsere heimische Alpenwelt sind u. a. Tieren besonders bezeichnend: Alpenhase, Alpenspitzmaus, Alpenfledermaus, Steinadler, gelbschnäbelige Alpendohle, rotschnäbelige Alpenkrähe, sowie Kolkrabe und Schneefink.

Kapitel IV. Die Tierwelt der Gewässer.

1. Allgemeines.

Das Wasser stellt als Lebensraum ganz andere Anforderungen an die Tierwelt als das Land.

Der große Unterschied zwischen dem Luft- und Wasserleben besteht darin, daß bei diesem die eigene Schwere des Körpers fast gar nicht in Betracht kommt. Das Gewicht des Wassertieres ist fast gleich dem Gewicht des Raunteils Wasser, den es verdrängt, ein Verhältnis, wie es zwischen der Luft und dem Tierkörper nie zustande kommt.

Dieser Umstand äußert sich im Bau der Tiere auf die mannigfaltigste Weise. Im Gegensatz zu den landbewohnenden Wirbeltieren bedarf das

Knochengerüst der Wasserbewohner einer geringeren Festigkeit. Daher kommt es, daß sich unter den Fischen eine Menge selbst gewaltiger Formen, wie Haifische, Rochen und Störe, befinden, die ein knorpeliges Knochen gerüst besitzen; auch das Skelett der Knochenfische besitzt einen weit geringeren Gehalt an Kalksalzen, und somit an Härte und Schwere, als die Knochen der Lufttiere.

Im Wasser können sich die Tiere zu weit beträchtlicherer Größe als in der Luft entwickeln, wie die Wale, die Walrosse, Seeelefanten, riesige Kopffüßler, manche Fische und Krebse beweisen. Der Grund hierfür ist in der gewaltigen Ausdehnung des Lebensraumes, wie ihn das Meer namentlich bietet, sowie in der tragenden Kraft des Wassers zu suchen, die den Tierkörper Muskelkraft, wie sie das Landtier in hohem Maße zum Fortschleppen seines Körpers bedarf, sparen läßt.

Auch die Ernährung im Wasser ist leichter, da das tierische Leben, das zur Nahrung dient und aus kleinen und kleinsten Geschöpfen besteht, im Wasser massenhaft angetroffen wird und dementsprechend mühelos von den Tieren aufgenommen werden kann.

Man hat die im Wasser treibenden Organismen, die als Plankton zusammengefaßt werden, ihrer Größe nach in Makro-, Megalo- und Nanoplankton eingeteilt. Den Hauptbestandteil des letzteren bilden euflagellate Pflanzen, die zusammen mit den Bakterien die ergiebigste Nahrungsquelle für viele Wassertiere ausmachen. Während der Wasseraufenthalt auf der einen Seite den Riesenwuchs fördert, läßt er nicht minder außerordentlich kleine Geschöpfe, aus denen sich das Nannoplankton zusammensetzt, zur Entwicklung kommen.

In dem Wasser, das das Tier mit jedem Bissen aufnimmt, ist immer eine nicht unbeträchtliche Menge von festen, im Wasser gelösten Stoffen, die einen Teil der Nahrung der Tiere ausmachen. Auch ist die Ernährung durch den Wegfall des Trinkens im Wasser vereinfacht.

Während die Lufttiere gezwungen sind, durch künstliche Vorrichtungen ihre atmende Oberfläche vor Verdunstung zu schützen und daher diese in das Innere des Körpers verlegt und einer Anzahl Vorrichtungen bedarf, um die Luft da hineinzupumpen, haben manche Wassertiere dies alles nicht nötig, denn die Gasnahrung dringt nicht nur durch die eigentlichen Atmungsapparate, Lunge und Kiemen, in den Körper, sondern auch durch dessen ganze Oberfläche, da sie von lufthaltigem Wasser umgeben ist. Im Verhältnis zu den Landtieren ist bei den Wassertieren das Nahrungsbedürfnis herabgesetzt, da die letzteren weniger Kraft zur Ortsbewegung gebrauchen und der Nahrungserwerb weniger mühsam ist. Ferner sind sie keiner Verdunstung ausgesetzt und brauchen daher keine Wärme zur Wasserverdunstung zu erzeugen. Mithin ist das Wasserleben entschieden ein einfacheres.

Das Wasser ist die Ursprungsstätte aller lebenden Wesen. Das Tier- und Pflanzenleben ist im Wasser entstanden und hat sich von dort aus auf das trockene Land verbreitet. Die Lufttiere stammen mithin von Wassertieren ab. Die Erforschung der biologischen Erscheinungen im Leben der Wassertiere hat daher eine außerordentlich hohe, wissenschaftliche Bedeutung.

Das Wasser hat sein Dichtigkeitsmaximum bei 4°. Daher lagern in stillen Gewässern während der wärmeren Jahreszeit die wärmeren Wassermengen oben. Die Abkühlung wird durch die Wärmeabgabe an der Oberfläche, durch Wärmeausstrahlung, Wärmeableitung und Verdunstung hervorgerufen. Das kalte Wasser sinkt fortwährend in die Tiefe, bis es in allen Höhenschichten 4° zeigt. Von da ab bleibt das noch weiter abgekühlte

Wasser oben stehen, bis es zuletzt gefriert. Das Eis bildet einen wirksamen Wärmeschutz für das unter ihm befindliche Wasser.

Das Meerwasser ist viel geringeren Temperaturschwankungen ausgesetzt als das Wasser der wenig tiefen Landgewässer. Das spezifische Gewicht des Wassers ist außer von der Temperatur auch von den in ihm gelösten Stoffen abhängig.

Bei je 10 m Tiefenzunahme steigt der Wasserdruck um je 1 Atmosphäre. Manche niederen Tiere, wie Würmer, Krebse und Haarsterne scheinen gegen die Druckunterschiede unempfindlich zu sein und finden sich daher von der Oberfläche bis zu 5000 m tief im Wasser. Bei 60 m Tiefe herrscht schon ein mattviolettetes Dämmerlicht, da die Lichtstrahlen nur bis 400 m eindringen.

Das Gleichgewicht des Wassers wird durch fortwährende physikalische und chemische Veränderungen andauernd gestört. Da Abfallstoffe und Kleinorganismen durch das Wasser hin und her getragen werden, kommen auch festsitzende Geschöpfe, die über keine eigene Ortsbewegung verfügen oder sich nur langsam bewegen, zur Nahrung.

Von großem Einfluß auf die Gestaltung und Verbreitung der Wassertiere sind die verschiedenen Formen des Wassers als Heimstätten derselben. Ob es sich dabei um fließendes oder stehendes Wasser, um Flüsse, Bäche, Seen, Teiche, Sümpfe, oder gar um Meere handelt, kommt für die Zusammensetzung des tierischen Lebens und seiner Lebensgewohnheiten in hohem Maße in Betracht. Licht und Wärme, Wind und Regen, sowie der Wechsel der Jahreszeiten verändern die Lebensverhältnisse der Wasserwohnräume in verschiedenen Wasseransammlungen sehr und wirken auf die biologische Eigenart und die Lebensäußerungen der die Gewässer bewohnenden Geschöpfe zurück.

Auch die Vegetation als Nahrungsquelle kommt bei dem Vorkommen und der Verbreitung der Wassertiere in Frage. Die Pflanzenumrandung durch Schilf und andere Pflanzenformen, auf der Oberfläche des Wassers schwimmende Pflanzen, mag es sich dabei um Algen, wie im Sargassomeer, oder um Seerosen oder andere Süßwasserpflanzen der Flüsse, Seen und Teiche handeln, sie alle dienen zahlreichen tierischen Wasserbewohnern als Nahrung und wirken daher auf deren Vorkommen und Verbreitung ein. Auch die Pflanzenwelt der Küsten, der Algenbesatz an den Felsküsten, der Besatz von Tieren und Pflanzen an den Eisbergen, am sogen. Eisfuß, kommen hierbei als Nahrungsquellen für die Tiere in Frage.

Während in tropischen Gegenden die Zahl der Tierarten im Meere eine besonders große ist, verringert sich diese gegen Norden zu, wo die Zahl der Einzelwesen eine weit bedeutendere Rolle spielt. Von wesentlichem Einfluß auf das Tierleben im Wasser sind auch die Strömungen, deren Temperaturunterschiede, ob es sich um warme oder kalte handelt, die Verbreitung vieler Art bedingen. Auch die mechanische Tätigkeit der Strömungen, durch die eine passive Verbreitung mancher Wassertiere erfolgt, muß berücksichtigt werden.

Die Höhenlage einzelner Gewässer, namentlich der Alpenseen, läßt nicht selten eine eigene Zusammensetzung der Tierwelt in jenen erkennen.

Von großer Wichtigkeit für das Vorkommen der Tiere ist die Tiefe der verschiedenen Gewässer; ferner hat offenes Wasser eine ganz andere tierische Bewohnerschaft als das mit einer schwimmenden Pflanzendecke bedeckte Gewässer. Alle Größenverhältnisse, von der kolossalen Ausdehnung der Weltmeere bis hinab zu den bescheidensten Tümpeln kommen als Wohnräume der Tiere in Frage. Gewässer, die zeitweise austrocknen oder zufrieren, wie Flüsse, Bäche, Seen, Teiche und Tümpel,

verlangen von den Tieren besondere Anpassungen, um die Dauer der Trockenperiode oder des Frostes überstehen zu können. Zahlreiche Geschöpfe wandern dann von einem Gewässer zum anderen, um dem Tode durch Vertrocknen und Verhungern zu entgehen.

2. Der Einfluß des Wasseraufenthaltes auf die Tiere.

Eine Vorliebe für den Wasseraufenthalt ist vielen Tieren eigen. Dabei braucht es sich durchaus nicht immer um ausgesprochene Wasserbewohner zu handeln. Viele Tiere treibt das Nahrungsbedürfnis in die Nähe der Gewässer. Zu den Wassertieren gehören Vertreter aller bekannten Tierklassen; viele Klassen, so die der Fische, Kopffüßer, Muscheln, Manteltiere, Stachelhäuter, Nesseltiere und Schwämme sind ganz auf das Wasser

beschränkt; vonden Schnecken, Krebsen, Würmern und Urtieren gehört die überwiegende Mehrzahl der Arten dem Wasser an.

Einteilung der Wassertiere. Die Wassertiere lassen sich einteilen in:

a) Tiere die nicht in, sondern auf dem Wasser leben, ihre Nahrung aber dem Wasser entnehmen. Als solche seien vor allem die Schwimmvögel, ferner einige Spinnen und Wanzen, die auf der Oberfläche des Wassers umherlaufen, genannt.

b) Tiere, die auf dem Boden des Wassers, auf Wasserpflanzen oder innerhalb des Bodens leben. Sie entsprechen den erdbewohnenden Geschöpfen des Luftmeeres. Als solche sind die Welse unter den Fischen, ferner eine Anzahl Tintenfische, Schnecken, Muscheln, viele Würmer, Stachelhäuter,

Abb. 70. Kalifornischer Seelöwe (*Eumetopias californianus*, Less.).

Der zu den Ohrenrobben (*Otariidae*) gehörende kalifornische Seelöwe ist sehr gesellig. Zu einer bestimmten Zeit des Jahres vereinigen sich zahllose Exemplare zu Brunstzwecken an felsigen Küsten. Nach Ende der Brunstzeit kehren sie wieder nach dem Meere zurück, das sie jagend und fischend durchschwimmen. Sie sind dem Wasserleben vortrefflich angepaßt, indem ihre Gliedmaßen zu flossenartigen Organen umgewandelt sind.

Krebse und Wasserinsekten zu nennen. Auch die zahllosen fest-sitzenden Tiere, Röhrenwürmer, Seescheiden, Stachelhäuter (Haarsterne), Austern, Bohrwürmer u. a. m., namentlich aber Polypen, Korallen, Seeanemonen und Schwämme gehören hierher.

c) Tiere, die nur zeitweilig den Boden oder auch das trockene Land aufsuchen, meist aber unter Wasser schwimmend ihren Lebensunterhalt finden. Als solche sind Robben (Abb. 70), Fischottern, Wasserschildkröten, Wasserschlangen, Krokodile, zahlreiche Fische, Weichtiere, Würmer und Krebse aufzuführen.

d) Tiere, die dauernd im Wasser leben, ohne den Grund zu berühren. Hierher gehören zahllose kleine und kleinste Planktontiere, deren Schwebvorrichtungen ein Sinken auf den Grund verhindern.

Obwohl die Landtiere ursprünglich aus Wassertieren hervorgegangen sind, lassen sich zahllose Beweise dafür bringen, daß die Landtiere wiederum



Beziehungen zum Wasser suchen und zum dauernden Aufenthalt in diesem zurückkehren.

Nahrungsaufnahme. Die Erschließung des Wassers für Nahrungszwecke verlangt von den Tieren besondere Anpassungen. Vor allem wird die Erwerbung der Schwimmfähigkeit notwendig und diese wird erreicht durch Umbildung der Gliedmaßen zu Schwimmorganen, durch Umformung des Körpers zur Spindelgestalt und durch Gewinnung einer beträchtlichen Fettschicht zur Herabsetzung des spezifischen Gewichts. Eine Speckschicht bietet aber auch Kälteschutz, wie es in vollendeter Weise die Wale erkennen lassen.

Je nach der Größe und Tiefe der Gewässer, gleichgültig, ob es sich um fließende oder ruhende handelt, ist die Organisation der Tiere mannigfaltig beschaffen. Watvögel entnehmen ihre Nahrung seichten Gewässern. Schwimmvögel gelangen unabhängig von deren Tiefe dazu. Während viele Geschöpfe ihre Nahrung auf der Oberfläche des Wassers finden, müssen andere nach ihr tauchen und gründen.

Am Rande des Wassers ist das Insektenleben oft besonders reichhaltig. Daher kommt es, daß sich dort zahlreiche insektenfressende Vögel, sowie Amphibien aufhalten. Diese ziehen wieder ihre natürlichen Feinde, Raubtiere und Raubvögel, nach sich. So kommt es, daß die Landtiere sich allmählich das Wasser wieder erobert haben, da die Tiere ihre Nahrung in und auf dem Wasser suchten und fanden. Namentlich sind es die Fisch-Weichtier- und Würmerfresser, die der Hunger in das Wasser hineintreibt. Aber auch Pflanzenfresser sind zu nennen, deren Nahrung sich aus Wasserpflanzen verschiedener Art zusammensetzt.

Die Gewässer lassen sich der chemischen Beschaffenheit ihres Wassers nach in süße, salzige und brackige einteilen. Die Tierwelt, welche diese bewohnt, richtet sich weniger danach, ob es sich um süße oder salzige handelt, sondern vielmehr um Beschaffenheit und Verteilung der Nahrungsquellen in denselben. Dabei ist das tierische Leben in erster Linie von dem Vorkommen und der Häufigkeit der Pflanzenwelt des Wassers abhängig. Beim Süßwasser ist es vor allem der Ufergürtel, der als Wohnplatz für zahllose Tiere in Frage kommt, denn dort leben neben höheren Pflanzen zahllose Süßwasseralgen und Diatomeen oder Kieselalgen, von den sich die verschiedensten Wassertiere nähren. Am Meere hat die Strandfauna ein eigenes Gepräge; sie unterscheidet sich in mehrfacher Hinsicht von der des offenen Meeres. Die Geschöpfe, die die Strandregion bewohnen, sind in ihren

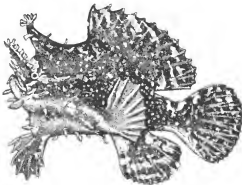


Abb. 71.

Bewohner des Sargassomeria sind die Fühlertische (Antennariidae). Ihre Brustflossen sind durch Verlängerung der Handwurzelknochen zu armartigen Organen geworden, mit denen sie im Tanggewirr des Sargassomeria umherkriechen. Sie zeigen in Körperform und Farbe eine hochgradige Übereinstimmung mit ihrer Umgebung und locken durch die verschiedenen Fortsätze ihres Körpers kleinere Fische an, die sie dann hinterlistig überfallen.

Nahrungsansprüchen in vieler Hinsicht von dem Vorkommen und der Verteilung der Strandpflanzen abhängig, mag es sich dabei um höhere Pflanzen, um den Algenbesatz der Felsen und Steine, oder um von den Wellen an den Strand geworfene, vom Boden des Meeres losgerissene Laminarien handeln. Auf offenem Meere sind die Sargassoanhäufungen als besonderes Faunengebiet anzuführen. Als typische Sargassoformen kennzeichnen sich die Fühlerfische (Antennariidae). (Abb. 71.)

Unter den Säugetieren gibt es eine große Anzahl verschiedenartiger Geschöpfe, die eine besondere Vorliebe für das Wasser bekunden, ohne daß sie als echte Wassertiere angesprochen zu werden verdienen. Viele Tiere haben ein ausgesprochenes Suhl- und Badebedürfnis. Als solche seien die Schweine besonders aufgeführt. Zahlreiche Wildschweine lieben den Wasseraufenthalt sehr. So halten sich die afrikanischen Flußschweine (*Potamochoerus*) mit Vorliebe in feuchten Dickichten und Sümpfen auf. Namentlich ist es unter den Schweinen aber der Hirscheber (*Babirusa alfurus*), der sumpfige Wälder, Rohrbestände, Brüche und Seen bewohnt, ausgezeichnet schwimmt und sich vorzugsweise von Wasserpflanzen ernährt. Auch unter den Hirschen gibt es eine Reihe wasserliebender Arten. So bevorzugt der Elch Waldungen, die mit Seen, Torfmooren und Brüchen durchsetzt sind, zumal er u. a. auch Wasserpflanzen nicht verschmäht und sich gerne suhlt. Hart bedrängt nehmen die indischen Pferdehirsche im Wasser Zuflucht. Namentlich ist es aber der Miluhirsch (*Elaphurus davidianus*), der besonders gern in den Seen wadet und schwimmt und die dort wachsenden Wasserpflanzen äst. Auch Wildrinder lieben den Wasseraufenthalt. Die Büffel suhlen sich gern und der Gemsbüffel oder die Anoa geht mit Vorliebe in das Wasser, um sich zu baden, zu kühlen und Sumpf- und Wasserpflanzen zu genießen. Unter den Antilopen gibt es ebenfalls zahlreiche Arten, die das Wasser lieben. Als solche seien Sumpfantilopen (*Tragelaphus*) und Wasserböcke (*Cobus*) genannt.

Auch unter den Raubtieren finden sich manche Arten, die das Wasser nicht scheuen. Der Eisbär ist zum Wassertier geworden und vom Tiger ist es bekannt, daß er gut schwimmt. Selbst unter den Affen gibt es einen ausgezeichneten Schwimmer. Es ist der auf Borneo lebende Nasenaffe (*Nasalis larvatus*), der wiederholt schwimmend ange troffen wurde.

Elefanten und Nashörner lieben ebenfalls das Wasser sehr, deegleichen die Tapire. Vor allem ist es aber das Flußpferd unter den Säugetieren das sich einer wasserbewohnenden Lebensweise angepaßt hat.

Bei allen diesen Säugern, die eine Vorliebe für das Wasser haben, lassen sich in mehr oder minder ausgeprägtem Maße Übergänge in der Lebensweise aus dem Leben im Walde oder in der offenen Landschaft zu dem im Wasser nachweisen. Vor allem sind es die Sumpf-, Schilf-, Morast- und Moorbewohner, die eine natürliche Anlage zum Wasserleben bekunden. Eine solche Anziehungskraft üben namentlich Waldflüsse aus.

Die Farben- und Zeichnungsmerkmale der verschiedenen Wassertiere sind entsprechend ihrem Aufenthalt im Wasser sehr mannigfaltig entwickelt. Die auf der Oberfläche des Wassers lebenden Geschöpfe, namentlich die Meeressäuger und Meeresvögel, lassen unverkennbare Einflüsse durch ihre Umgebung erkennen. Da sie von landbewohnenden Tierformen abstammen, haben sie sich ihre Zeichnungs- und Farbenmerkmale mit in den Wasseraufenthalt hineingenommen, diese wurden aber durch die Einwirkung ihrer neuen Umgebung abgeändert. Besonders deutlich läßt sich diese Abänderung bei Seehunden unter den Säugetieren erkennen. Die von landbewohnenden Raubtieren abstammenden Seehunde,

deren Vorfahren ein leopardenartig geflecktes und geringeltes Kleid besessen haben, zeigen diese Fleckzeichnung durch den Wasseraufenthalt verwischt; sie ist undeutlich geworden und hat sich durch Auftreten von unbestimmten dunklen und lichten Farbtönen dem Spiel von Licht und Schatten auf der bewegten Wasseroberfläche angepaßt.

Unter den Vögeln tragen die Seemöwen ein in seinem Farbton der Farbe der Meeresoberfläche angepaßtes Kleid. Das zarte Blaugrau der Farbe des Rückens und der Flügel, verbunden mit dem blendenden Weiß der Unterseite, steht in Einklang mit den Farben des Wassers und der weiß-aufschäumenden Wellen.

Die Unterfläche des Körpers vieler Wassertiere, der Wale, Robben, der Meeresvögel, sowie zahlreicher Fische, ist stets lichter gefärbt, da sie der Einwirkung des Sonnenlichtes weniger ausgesetzt ist und auch als Schutzkleid beim Schwimmen der Tiere nicht in dem Maße als der obere, dem Lichte zugewandte Teil des Körpers in Frage kommt. Ein äußerst farbenprächtiges Kleid zeigen unter den Fischen die Bewohner der Korallenmeere. Diese buntgefärbten und auffallend gezeichneten Kinder der Tropen werden mit Recht als „Schmetterlinge des Meeres“ bezeichnet. Sie stehen damit in vollem Einklang mit ihrer farbenprächtigen Umgebung, den Korallen. Silberglanz ist bei den Fischen vielfach vorhanden, er entspricht der glitzernden Wassermasse, die bei Bewegung unter der Einwirkung des Sonnenlichtes silberglitzernd leuchtet.

Viele niedere Wasserbewohner erscheinen völlig durchsichtig, wie das Wasser. Diese als „Glastiere“ bezeichneten Geschöpfe gehören der pelagischen Fauna an. Aus der Fülle dieser völlig durchsichtigen Geschöpfe seien Fische, Tintenfische, Schnecken, Salpen, Quallen, zahlreiche Larven von Krebsen und Würmern, sowie die Urtiere hervorgehoben. In unseren heimischen Seen, Teichen und Tümpeln erfreuen sich u. a. die zahlreichen Daphnien und Kopepoden unter den Krebsen solcher Durchsichtigkeit.

In den tieferen Wasserschichten verschwinden mit der Abnahme der Einwirkung des Lichtes die lichten Farben und machen purpurroten, violettroten und schwarzen Farbtönen Platz. Zahlreiche Tiefseefische sind schwarz gefärbt, während z. B. Seesterne aus der Tiefsee scharlachrote, Seewalzen dunkel purpurrote Farbe erkennen lassen.

Die Fortpflanzung spielt bei den Wassertieren eine gewaltige Rolle. Bei vielen Arten werden mehr Keime entwickelt, als später zur Entfaltung gelangen. Zahlreiche Keime, Eier und Larven gehen zu Grunde, werden gefressen oder durch die verschiedensten Einwirkungen vernichtet. Nur verhältnismäßig wenige gelangen zur vollen Entwicklung und Geschlechtsreife. Die Formen der Vermehrung sind bei den Wassertieren außerordentlich mannigfaltig. Neben geschlechtlicher Vermehrung kommen im Wasser ungeschlechtliche Vermehrung durch Knospung und Teilung, ferner parthenogenetische Entwicklung, sowie Generationswechsel vor. Auch die Entstehung von Kolonien durch unvollkommene Teilung wird bei Wassertieren vielfach beobachtet.

Die Geselligkeit ist bei zahlreichen Wassertieren eine sehr große. Auch Symbiose, ein Zustand artfremder Geschöpfe, der auf gegenseitigem Nutzen beruht, ist namentlich bei Meerestieren eine häufige Erscheinung.

Die Brutpflege ist bei den Wassertieren sehr verbreitet und gelangt auf die verschiedenartigste Weise zur Ausübung. Viele Arten haben besondere körperliche Vorrichtungen hierfür. So tragen Seepferde Bruttaschen und manche Fischarten beherbergen im Maule die junge Brut, um sie vor Schaden zu bewahren.

Über die Jungenfürsorge der Robben und über die Brutpflege der Pinguine wird bei Besprechung der Polartiere berichtet werden.

Das Seelenleben der Wassertiere läßt in mancher Hinsicht übereinstimmende Äußerungen erkennen. Die Tintenfische erweisen sich, wie Beobachtungen und Experimente zeigten, verhältnismäßig hoch begabt. Auch vielen Fischarten ist eine beträchtliche Intelligenz nicht abzusprechen. Dagegen stehen die Seelenregungen niederer Tiere entsprechend ihrer geringen Organisationshöhe auf niederer Stufe. Hervorgehoben verdient aber zu werden, daß sich unter den höheren Krebsen, den Hummern und Taschenkrebssen, namentlich den letzteren, nicht unbedeutende Seelenausdrücke nachweisen lassen.

Unsere Kenntnisse auf dem Gebiete der vergleichenden Seelenkunde sind noch sehr gering, so daß sich über das Seelenleben vieler Tiere überhaupt keine, oder nur sehr wenige dürftige und wenig zuverlässige Angaben machen lassen. Aufgabe der Experimental-Psychologie wäre es, hier Wandel zu schaffen und das Seelenleben der verschiedenen Tiere zu erforschen.

3. Die wichtigsten Wassertiere.

Wassertiere sind über die ganze Erde verbreitet. Wo sich nur das Wasser ansammelt, überall ist es belebt von einer an Arten und Individuen reichen Tierwelt. Bis in die tiefsten Gründe der Weltmeere findet sich tierisches Leben, selbst in den kleinsten Tümpeln. So mannigfaltig wie die Existenzmöglichkeiten für die Wassertiere, so außerordentlich verschiedenartig sind auch die Organisationsverhältnisse und Lebensgewohnheiten dieser Geschöpfe. So einförmig das Wasser als Lebensraum für den Uneingeweihten auf den ersten Blick erscheint, so verschiedenartig erweist es sich bei tieferer Durchforschung. Daher kommt es, daß die Gewässer in den verschiedenen Ländern ihre ihnen charakteristische Tierwelt haben. Unter den niedersten Lebewesen, den Protozoen, gibt es aber zahlreiche Kosmopoliten, da sie im Wasser aller Zonen ihre Daseinsmöglichkeit finden.

Die Anpassungsforderungen, die der Wasseraufenthalt an den Tierkörper stellt, sind oft keine geringen.

Aus der Klasse der Säugetiere verdienen in dieser Hinsicht die Seekühe (*Sirenia*) besondere Beachtung. Seichte Ufer und Meerbusen heißer Länder, Flußmündungen und die Ströme selbst, zumal deren Untiefen, sind die Wohnsitze dieser dem Wasserleben völlig angepassten Säugetiere, deren Anpassungserscheinungen an ihren Wohnraum, das Wasser, sehr innige sind. Es sind Pflanzenfresser, deren Gebiß sich unter dem Einfluß der schwer zu bewältigenden Pflanzennahrung rückgebildet hat, sodaß sich auf dem Gaumen, in der Gegend der Schneidezähne und dem entsprechenden Teil des Unterkiefers, Hornplatten ausgebildet haben. Äußerlich machen die Seekühe den Eindruck von Walen, sie erweisen sich aber auf Grund ihrer anatomischen Merkmale als nahe Verwandte der Flußpferde, Rüsseltiere und Wiederkäuer. Ihr Körper ist spindelförmig, ihre Vordergliedmaßen sind zu Flossen umgestaltet, während die Hintergliedmaßen völlig fehlen. Als wichtiges Bewegungsorgan dient ihnen die wasserrecht stehende Schwanzflosse. Seepflanzen, Tange und Gräser, die in Untiefen oder hart am Ufer wachsen, sowie verschiedene Wasserpflanzen auf seichten Stellen der Flüsse bilden ihre Nahrung. Die Manatis (*Trichechidae*) bewohnen den Amazonasstrom und Orinoko, finden sich in den Gewässern der Antillen und im Atlantischen Ozean von Florida bis Nordbrasilien, sowie an den tropisch-westafrikanischen Küsten und Flüssen. Auch im Tsadsee ist das Vorkommen einer Art nachgewiesen.

Zu den Flußbewohnern gehören auch die zu den Zahnwalen zu rechnenden Flußdelphine (Platanistidae), von denen die Inia (Inia geoffroyensis) die Gewässer Südamerikas, der Schnabeldelphin (Platanista gangetica) den Ganges bewohnt. Im Amazonasstrom sind nach Bates mindestens drei verschiedenartige Delphine heimisch. Die Nahrung dieser Wale besteht aus Fischen und Krebsen.

Gefährliche Fischräuber sind auch die Fischottern, die in den Tropen sowohl, wie auch in gemäßigt temperierten Ländern die Ströme und deren Ufer bewohnen und sich als gewandte Schwimmer erweisen. Wasser- und Ufertiere sind auch die Biber (Castoridae). Sie bewohnen mit Vorliebe stillfließende, mit Wald umstandene Gewässer, in deren Buchten sie in besonders großer Zahl leben. Sie finden sich in Strömen Nordamerikas, und waren früher in europäischen Gewässern weit verbreitet, heute sind sie hier in Deutschland in geringen Mengen auf das Elbgebiet zwischen Wittenberge und Magdeburg beschränkt. Fischotter und Biber legen sich künstliche Bauten an, die mit dem Wasser durch Röhren verbunden sind. Aus Holzkütteln und Erde bereiten sich die Biber „Burgen“, wobei sie zur gleichmäßigen Stauung des Wasserstandes dienende „Wehren“ auführen. Außer in Deutschland haben sie sich nur noch im Rhonegebiet Südfrankreichs, in Rußland, Skandinavien und Sibirien erhalten. Auch in Seen und Teichen führen die Biber zur Abdämmung des Abflußwassers durch Fällen von Bäumen vermittels ihrer mächtigen Nagezähne Bauwerke auf. Ihr breiter, wagrecht stehender und mit Hornschuppen bewehrter Schwanz dient ihnen während des Nagens beim Sitzen als Stütze.

Die Seen und Flüsse des gemäßigten Südamerikas ist die Heimat der Biberratte oder des Sumpfbibers (Myopotamus coypu), die sich besonders in stillen Gewässern, wo Wasserpflanzen in Menge vorhanden sind, findet. Auch ein anderes Nagetier, die in Nordamerika heimische Bismarratte (Fiber zibethicus), deren Lebensweise in mancher Hinsicht dem Biber ähnelt, ist als Bewohner langsam strömender Flüsse, stiller Bäche und Sümpfe, aufzuzählen. Am und im Wasser, in selbstgegrabenen unterirdischen Bauten, lebt auch die Wasserratte oder Schermaus (Arvicola terrestris). Sie verbreitet sich in einer Menge von geographischen Formen über Europa, Asien und Nordamerika. Auch die Vorliebe der Wanderratte (Epimys norvegicus) für das Wasser ist bekannt. Sie wird sehr häufig an Flußufern beobachtet und folgt der Kultur des Menschen; in Fleeten, Schleusen, Abzugsgräben, feuchten Kellern usw. ist sie zu finden.

Das Vogelleben der süßen Gewässer ist besonders reichhaltig. In den Tropen sowohl, wie in den klimatisch gemäßigten Ländern



Abb. 72. Sabelschnäbler (*Recurvirostra avocetta*). Ein Bewohner der Meeresküsten, der seine aus Seetieren, Würmern und Schnecken bestehende Nahrung durch Hin- und Herbewegen des säbelförmig gebogenen Schnabels zu erlangen versteht.

bis in die nördliche Region hinein finden sich an den Ufern der Ströme, auf deren Oberfläche, namentlich aber an deren Mündungen, wo der Strom sich zum Delta verbreitert, Deltaseen bildet und Sandbänke abgelagert, zahlreiche Vögel. Auch Überschwemmungsgebiete, die mannigfaltige Nahrung spenden, zeigen ein reiches Vogelleben. Zahlreiche Wat- und Schwimmvögel beleben diese Landschaften und finden sich stellenweise, auch auf Inseln einsam gelegener Seen, zum Brutgeschäft zu vielen Tausenden zusammen. Reiher, Pelikane, Ibis, Säbler (Abb. 72), Flamingos, Regenpfeifer, Kibitze, Strandläufer, Brachvögel, Austernfischer, Schwäne, Gänse, Enten u. a. sind in buntem Gemisch am oder auf dem Wasser der bezeichneten Lebensgebiete zu beobachten.

In den nordischen Gegenden treten namentlich noch verschiedene Möwenarten (Abb. 73), Lachmöwen, Seeschwalben, die oft in großen Kolonien zusammenbrüten, und Taucher hinzu. Diese Gewässer bieten den zahlreichen Vögeln die mannigfaltigste Nahrung, sei sie pflanzlicher oder tierischer Natur.

Der große Fischreichtum einzelner Gebiete lockt stellenweise ungeheure Vogelscharen an. Bekannt ist in dieser Hinsicht der große Strandsee Ägyptens, der Mensaleh-See, dessen Fischreichtum Scharen von Pelikane und Silberreiher Nahrung spendet und auch von zahllosen Flamingos, die hier nisten und sich durch Gründeln von Würmern, Mückenlarven, Schnecken und Muscheln ernähren, bevölkert wird.

Auch die kleineren stehenden Gewässer, Seen, Teiche und Weiher, sind der Aufenthalt zahlreicher Vögel. Die Schilfbestände bieten



Abb. 73.

Die Möven (*Laridae*) sind in der Hauptsache Küstenbewohner; viele dringen weit ins Land ein und beleben die Binnengewässer. Nur wenige Arten werden auf dem Meere getroffen. Es sind sehr gewandte Flieger, die uornhig über dem Wasser schwebend, sich pfeilschnell herablassen, um Fische zu erbeuten.

In großartiger Weise bietet das Röhricht den großen Sumpfvögeln eine Niststätte dort, wo meilenweite Überschwemmungen ein gewaltiges Sumpfland geschaffen haben. In diesen Gebieten ist der Vogelreichtum oft ein geradezu überwältigender.

Die Nachbarschaft kleinerer oder größerer Gewässer bevorzugen viele Arten der Familie der Eisvögel (*Alcedinidae*), obwohl die meisten

den Wasservögeln bequeme Nistgelegenheit. Tiefverborgen im Schilf, nur wenig über dem Wasserspiegel, lagern die kunstlosen Nester, den Vögeln selbst aber begegnet man auf dem Wasser.

Das dicke Röhricht ist die beliebte Brutstätte einer ganzen Anzahl von Vögeln. In unserer Heimat tönt dort der melodische Sang des Rohrsängers und das brüllende Geschrei der Rohrdommel. Im Herbst, vor dem Abzug der Wandervögel, bildet das Röhricht der Teiche oft die nächtliche Ruhestätte für Tausende von Staren.

Arten von ihnen Waldvögel im eigentlichen Sinne sind. Fische, Krebse und Insekten sind ihre Nahrung. Sie sitzen lange regungslos auf einer Stelle am Wasserrand, mit Ruhe einer Beute harrend, die sie mit fast senkrecht nach unten gerichtetem Stoß ihres langen und spitzen Schnabels zu erlangen wissen. Wasserreiche Gegenden sind auch die Wohnsitze der Stelzen (*Motacillidae*), zu denen unsere Bachstelze (*Motacilla alba*) gehört. Diese sind weit über die Erde verbreitet und nähren sich von Insekten, deren Larven und allerlei Wassergetier.

Die Kriechtiere und Lurche der süßen Gewässer sind nicht minder zahlreich, obwohl sie infolge ihres versteckten Lebens im Landschaftsbild keine so bedeutsame Rolle wie die Vögel spielen. Die Krokodile sind aus vielen Landstrichen, wo sie früher eine ganz gewöhnliche Erscheinung waren, heute infolge unablässiger Verfolgung schon völlig verschwunden. In anderen Ländern hat religiöser Aberglaube des Menschen, der in ihnen heilige Tiere erblickte, sie in Schutz genommen und vor dem Aussterben bewahrt. In manchen Gegenden der Tropen führen sie aber noch ein ungetrübtes Dasein. Das Nilkrokodil ist heute aus dem Pharaonenlande völlig verdrängt. Den nordamerikanischen Alligator (*Alligator mississippiensis*) hat der Wert seiner Haut als Industrie- und Handelsobjekt, der zur Anlage von Alligatorfarmen führte, vor dem gleichen Schicksal bewahrt. Viele Krokodile halten sich mit Vorliebe an der Mündung der Ströme und an den Küsten selbst auf und schwimmen gern weite Strecken ins Meer hinaus. Letztere Gewohnheit zeigt besonders das in Südasien häufige bis zu 8 Meter lange Leistenkrokodil (*Crocodilus porosus*). Das Wohngebiet der Krokodile beschränkt sich auf den heißen Gürtel und dessen angrenzende Teile. Sie leben in zahlreichen Individuen vereinigt. Bis gegen Sonnenuntergang verweilen sie meistens ruhend auf dem Lande und gehen mit Eintritt der Dämmerung in das Wasser zur Aufnahme der Jagd.

Artenreiche Wasserbewohner sind unter den Reptilien auch die Süßwasserschildkröten, die in langsam fließenden Flüssen, in Teichen und Seen in großer Zahl anzutreffen sind. Manche von ihnen gehen auch in das Meer hinaus, wenigstens in das Brackwasser hinein. Es sind ungemein bewegliche und gewandte Schwimmer, deren Seeleneigenschaften weit höher stehen als die der geistig viel unbegabteren Landschildkröten. Während diese Pflanzenfresser sind und mühe los ihre Nahrung finden, verlangt die Raubnatur der Süßwasserschildkröten durch Überlistung und geschicktes Erhaschen der Beutetiere Nahrung zu gewinnen, größere Begabung. In den Gleicherländern entgehen sie der Zeit der Dürre, die ihre Wohnsitze zeitweise austrocknet, und in den nördlicheren Gegenden dem Einfluß des Winters durch Eingraben in den Erdboden. die ungünstige Zeit in einem todähnlichen Zustande verbringend.

Die süßen Gewässer sind auch das Heimgebiet vieler Lurche. Namentlich sind es die Schwanzlurche (*Caudata*) die einen ständigen Aufenthalt im Wasser führen, während viele Arten der Froschlurche (*Ecaudata*) nur im Larvenzustande das Wasser bewohnen, im ausgebildeten Zustand zwar feuchte Aufenthaltsorte lieben, aber dem eigentlichen Wasseraufenthalt fern bleiben; zur Laichablage suchen sie vorübergehend wieder das Wasser auf. Die Mehrzahl der Schwanzlurche lebt dauernd im Wasser, viele finden sich in weichen, schlammigen Sümpfen, andere in tiefen Seen, einzelne sogar in solchen, die viele hundert Meter über dem Meere liegen. Manche Arten erreichen eine beträchtliche Größe, wie der bis 159 cm lange Riesensalamander (*Megalobatrachus maximus*) japanischer Bergflüsse. Ihm ähnelt der im Flußgebiet des Mississippi

heimische Schlammteufel (*Cryptobranchus alleghaniensis*). Ein weit mehr zum Wassertier gewordener Schwanzmolch ist der Aalmolch (*Amphiuma means*), der Sümpfe, stehende und schlammige Gewässer des südöstlichen Teils der Vereinigten Staaten bewohnt. Seine Gliedmaßen sind zu kurzen Anhängseln verkümmert; er schwimmt mit aalartigen schlängelnden Bewegungen. Der mexikanische Axolotl verläßt beim Austrocknen seines Wohnraumes seinen Aufenthaltsort und vertauscht seinen larvenartigen Kiemenmolch-Zustand mit dem eines durch Lungen atmenden Landmolches.

Unter den echten Molchen (*Salamandrinae*) bewohnen die Wassermolche (Molge, Triton) in einer größeren Anzahl von Arten Teiche und Tümpel der Neuen und Alten Welt. Zu ihnen gehören unsere heimischen Salamander, von denen der Bergmolch (*Molge alpestris*) in der Schweiz in Höhen bis zu 2600 Meter angetroffen wurde. Feuchte und düstere Orte, namentlich in Gebirgswäldern, sind die Wohnstätten mancher Molche, wie des Feuersalamanders (*Salamandra maculata*) und anderer Arten mehr, die nur zeitweise, besonders zur Paarung, das Wasser aufsuchen. Die Froschlurche bevölkern mit Ausnahme der Polarregionen die ganze Erde, sie erlangen aber in den Gleicherländern ihre höchste Entwickelung. Frösche finden sich an den Rändern der Gewässer, auf feuchten Wiesen, Feldern, in Gebüsch und auf Bäumen, wo sie der Insektennahrung nachgehen. Der Zeit der Dürre und Kälte entgehen sie in Schlupfwirkeln aller Art, in der Erde, unter Schlamm, in Baumspalten u. s. w. in todähnlichem Schlaf. Ihre Vorliebe für die Feuchtigkeit verlieren sie alle nicht. Die Laubfrösche der tropischen Urwälder halten sich häufig in den Kronen hoher Waldbäume auf, und viele der kleinen Arten bringen in dem stehenden Wasser, das sich zwischen den Wirkeln der steifen Blätter der Bromelien ansammelt, ihre Brut aus. Eigenartige Formen der Brutpflege, wie sie u. a. unter den Laubfröschen die Taschenfrösche (*Nototrema*) zeigen, treten bei ihnen in mannigfaltiger Ausbildung auf. Sie sind als Fürsorge für die Brut durch die Entfernung vom Wasser entstanden. Die meisten Kröten (*Bufo*idae) leben auf dem Lande, einige halten sich aber fast beständig im Wasser auf (*Nectes*), während einzelne gleich den Laubfröschen ihr Leben auf Bäumen (*Nectophryne*) zubringen. Die Vorliebe für Wasser ist bei allen Lurchen unverkennbar, mögen sich viele auch durch Anpassung an besondere Lebensweisen von ihrem Ausgangsellement entfernt haben.

In Farbe und Zeichnung sind die Reptilien und Amphibien oft in hochgradiger Weise ihrem Aufenthaltsort angepaßt. Auf Bäumen lebende Eidechsen, Schlangen und Frösche zeigen die grüne Farbe ihrer Umgebung. Das tritt bei den peitschendünnen Baumschlangen und Laubfröschen besonders drastisch hervor. Viele Eidechsen und Schlangen tragen das bunte Farbenkleid ihrer farbenprächtigen Heimat und erweisen sich dadurch als echte Kinder der Tropen. Die in Sumpf und schlammigem Wasser lebenden Arten, wie Schildkröten, Schwanzlurche und viele Frösche sind vielfach in unscheinbaren braungrauen Farben abgetönt, die sie mit ihrer heimischen Umgebung in volle Übereinstimmung bringen. So zeigen der Riesensalamander und der Schlammteufel die braune Färbung des schlammigen Bodens der Gewässer. Einzelne Landmolche, wie der Feuersalamander, besitzen auffallende Fleckzeichnung, die als Schreck- und Warnfarbe aufzufassen ist, um das harmlose Tier vor der Vernichtung zu bewahren. Die Feuerkröten (*Bombinator*) tragen solche aus rotgelben und bläulichschwarzen Tönen bestehende Fleckzeichnung auf der Bauchseite. Bei Verfolgung stülpen diese

Amphibien die beiden gefleckten Körperseiten nach oben um, um eine Schreckwirkung zu erzielen. Die Wassermolche oder Tritonen erscheinen in einem gefleckten Kleid, das besonders im Frühling zur Laichzeit als Hochzeitskleid in leuchtenden Farben prangt.

Die Übereinstimmung der Reptilien und Amphibien mit dem Boden, auf dem sie liegen, ist oft eine erstaunliche. Die am Uferand ruhenden Krokodile, zumal wenn sie von trockenen Schlammteilen bedeckt sind, gleichen oft täuschend umgefallenen Baumstämmen. Giftschlangen zeigen zum Verhängnis ihrer Opfer oft außerordentliche Übereinstimmung mit der Farbe des Bodens. Daher kommt es, daß unsere Kreuzotter so sehr in Farbe und Zeichnung variiert. Wüstenechsen lassen die Farbtöne des Sandes in ihrem Farbenkleid erkennen. Die Mannigfaltigkeit in Farbe und Zeichnung dieser Tiere entspricht in hohem Maße den Farbenverhältnissen ihrer Umgebung.

Der Fischreichtum der süßen Gewässer ist ein ungeheurer, mag es sich dabei um Bewohner der Flüsse, Bäche, Seen und Teiche handeln. Die Flüsse der Tropen beherbergen einen erstaunlichen Reichtum an Fischarten, von denen sich zahlreiche durch bizarre Körperform auszeichnen und die mit äußerst lebhaften Farben und Zeichnungen geschmückt sind. Einen in dieser Hinsicht besonders auffallenden Reichtum an schöngefärbten und eigenartig gestalteten Formen besitzen die Flußsysteme Südamerikas und Indiens. Besonders ist es das Amazonasgebiet, das viele solcher Arten beherbergt. Zahlreiche in den letzten Jahren nach Europa eingeführte Zierfische, unter diesen der Blattfisch (*Pterophyllum scalare*), stammen von dort her. Auch die Fische erscheinen zur Laichzeit im Hochzeitskleid. Zur Laichzeit steigen viele Fische aus den tiefen Wasserschichten hinauf und suchen seichte Stellen in der Nähe des Ufers auf. Oft werden zu dem Zwecke größere oder kleinere Wanderungen unternommen. Die Wanderungen der Aale und Lachse sind bekannt. Die Letzteren ziehen aus dem Meere in die Ströme, der Flußaal pflanzt sich im Meere fort und die junge Brut kehrt aus dem Meer in die Flüsse zurück. Die Forellen wandern aus den Seen stromaufwärts in die Bäche, und die Hechte begeben sich nicht selten auf die überschwemmten Wiesen. Selbst die trägen Karpfen streben die Flußläufe hinauf. Geschlechtstrieb und Nahrungsbedürfnis zwingen die Süßwasserfische zur Wanderschaft, so daß ein Wechsel in der Besiedelung der fließenden Gewässer an Zahl der Individuen stattfindet. Zahlreiche Anpassungserscheinungen in Körperbau und Lebensweise machen sich bei vielen Arten dieser Fische geltend, die alle auf die Erlangung eines möglichst mühelosen Daseins zur Erhaltung der Art hinauslaufen.

Die kleinen Gewässer, Teiche und Weiher sind die geeigneten Wohnorte für eine große Anzahl von Süßwasserfischen. In unserer Heimat finden sich Karpfen, Karauschen, Barben, Schleie u. a. m. darin. Aber auch Barsch und Aal, sowie der Hecht gedeihen hier. Die Altwasser der Flüsse dienen den Fischen, soweit sie mit dem Lauf des Flusses noch in Zusammenhang stehen, zur Laichablage, auch bieten sie der Fischbrut geeignete Nahrungsstätten. Alle Flüsse der Erde bis in das Eismeer hinein beherbergen eine an Arten und Individuen mehr oder minder zahlreiche Fischfauna. Viele Fischarten sind in bezug auf die Beschaffenheit des Wassers sehr empfindlich. Reine, kühle Bäche mit klarem, lebhaft fließendem Wasser bevorzugt vor allen Gewässern daher die Forelle. Sie bewohnt die Gebirgsbäche und steigt in den Alpen bis zur Grenze des ewigen Schnees 2500 Meter hoch. Die Welse leben nach der Art der Aale am Grunde schlammiger Gewässer; sie sind namentlich im Amazonasstrom und Orinoko durch eine Anzahl von Arten vertreten.

Obwohl die meisten Fische in der Tiefe des Wassers ein verborgenes Leben führen und daher für die Landschaft nicht in Frage kommen, spielen sie dennoch indirekt insofern eine nicht unwichtige Rolle, als sie Anlaß zu Massenansammlungen von fischfressenden Vögeln geben und auch manche Säugetiere zu ihrem Fang herbeilocken. Das durchsichtige Wasser vieler Seen, Flüsse und Bäche gestattet aber dennoch, sie zu erspähen, wenn sie zur Atmung an die Oberfläche kommen; auch ihr lebhaftes Spiel, bei welchem sie nicht selten aus dem Wasser herauschnellen, trägt mit zur Belebung der Wasserlandschaft bei.

4. Die Tierwelt des Meeres.

Das Meer. Die Tierwelt des Meeres läßt in ihrer Zusammensetzung solche Formen erkennen, die, wie bereits vorher geschildert wurde, von den Flüssen aus zeitweise das Meer besuchen, aber noch, sei es durch Rückwanderung, durch Hunger, oder durch klimatische Ursachen getrieben, das Süßwasser aufsuchen, oder solche, die nur dem Meere eigen sind. Seemöwen fliegen nicht selten, vom Sturm verschlagen oder von grimmer Kälte und Nahrungsmangel verdrängt, flußeinwärts, um an reicher gedeckter Tafel ihren Hunger zu stillen. Auch Seehunde werden vom Sturm verschlagen und in die Flüsse bisweilen getrieben.

Der Strand. Als Übergangsgebiet vom Land zum Meer tritt uns in der Zusammensetzung der Fauna das Tierleben des Strandes entgegen. Dem Seestrande sind — außer den Seehunden, die freiwillig an den Strand kommen — keine Säugetiere eigentümlich. Bewohner der Hochsee, wie die Delphine, werden ab und zu an den Strand getrieben, auch größere Wale gelangen, abgesprengt von ihren Artgenossen, in einzelnen Fällen durch Zufall an den Strand. Sehr reichhaltig ist dagegen das Vogelleben vertreten. Hier finden sich zahlreiche Vögel wieder, die die Mündungszone der Flüsse bevölkern. Manche, wie die Raben und Krähen, sind nur gelegentliche Gäste, die sich besonders im Winter auf den Watten umhertreiben. Sie stehlen anderen Vögeln, namentlich den Möwen, die Eier weg. An den Haffen der Ostsee findet sich die Nebelkrähe besonders häufig. An der Seeküste, wie an den Ufern der süßen Gewässer hausen die Kormorane oder Scharben (*Phalacrocorax*). Rotschnabel (*Totanus calitris*) Regenpfeifer (*Charadrius*), Steinwälzer (*Streptopelia interpres*), Austernfischer (*Haematopus ostralegus*) bevölkern unsere heimische Strandzone. Auch der Säbelschnäbler (*Recurvirostra avocetta*) durchschaukelt, seinen Sichelschabel hin und herwendend, das Wasser und den Schlamm nach Beute. Strandläufer und Kibitze finden sich hier ein, Kampfläufer und Brachvögel und zahlreiche Möwen suchen Nahrung. Unter diesen sind namentlich die Lachmöwe (*Larus ridibundus*) und verschiedene Seeschwalben in der Strandregion heimisch. An Nahrung fehlt es ihnen hier während der Ebbezeit auf den Watten nicht, denn das Meer läßt Mollusken, Stachelhäuter, Krebse, Würmer und Fische bei seinem Rückzug zurück. Sie bilden daher eine unausbleibliche Staffage für die Wattenlandschaft.

Küsten. Von dieser Strandfauna ist die Küstenfauna zu unterscheiden. Hier sind es besonders zahlreiche Möwen, die die Küsten bevölkern. Zuzufolge ihrer einförmigen Lebensweise, Nahrung und Brutweise, sowie durch ihre große Fluggewandtheit sind die Möwen kosmopolitisch. Mantelmöwe, Silbermöwe, Sturmmöwe, Dreizehenmöwe, Heringsmöwe und Raubmöwe, sind als Bewohner der Meeresküsten zu nennen. Auf steinigten Küsten und Klippen sitzen Alkvögel (*Alcidae*).

von denen Lumme (*Uria troile*) und der Tordalk (*Alca torda*) auf Helgoland nisten. Auf einzelnen aus dem Meere sich erhebenden Felseilanden und steinigten Klippen nisten Tausende von Meersevögeln, so daß Vogelberge entstehen. Namentlich sind es Möwen, Alke und Tölpel (*Sula bassana*), die in solchen großen Ansammlungen sich zusammenfinden und dem Brutgeschäft obliegen.

Auch Entenvögel bevölkern die Küsten. Als solche seien für die nordische Seeküste die Brandente (*Vulpanser tadorna*) und die Eidrente (*Somateria mollissima*) genannt. Auch Knäckente, Krickente, Spießente, Löffelente und Pfeifente finden sich hier und Schwäne sind ebenfalls als Küstenvögel aufzuführen.

Als eigentliche Hochseevögel sind Fregattvögel (*Fregata*), Albatrosse (*Diomedea*), Tropikvogel (*Phaeton*), Sturmvoegel (*Puffinus*) und Sturmschwalben (*Procellaria*) zu nennen, die auf einsamem Weltmeer sich als Meister in der Flugkunst erweisen. Ihre Brutstätten finden sich vielfach auf weltentlegenen Eilanden, woselbst einzelne Arten nicht selten in großen Scharen dem Brutgeschäft obliegen. Die Albatrosse bewohnen meistens die Meere der südlichen Halbkugel, die Fregattvögel bevölkern die tropischen und subtropischen Meere, die Sturmvoegel finden sich dagegen in gemäßigten und polaren Meeren und von den Sturmschwalben sind Arten in tropischen und gemäßigten Meeren, im nordatlantischen Ozean wie im Mittelmeer, heimisch. Das Rückengefieder dieser Meersevögel läßt die blauen Töne der Meeresoberfläche erkennen, während die Unterseite ihres Gefieders in blendendem Weiß erscheint. Enorme Muskelkraft und Ausdauer im Fliegen sind diesen Flugkünstlern eigen. Ihre Nahrung besteht aus Fischen, Weichtieren und Kopffüßern verschiedener Art. Der Bau ihrer Flügel läßt ihre Flugbefähigung erkennen, namentlich zeichnen sich die Fregattvögel durch sehr lange und spitze Schwingen, sowie durch einen langen tiefgegebelteten Steuerschwanz aus. Ihre Körpergröße schwankt zwischen Meterlänge und einer Klawerbreite von 4 Metern beim Albatroß bis zu den kleinen zierlichen Gestalten der Sturmschwalben, deren Länge nur 20 cm erreicht. Viele Hochseevögel gehören den arktischen Meeren an und fanden bereits bei der Besprechung des Tierlebens dieser Gebiete Berücksichtigung. Das gilt auch von den Meeressäugern der arktischen und antarktischen Region.

Die Hochsee. Das Tierleben auf der Hochsee, ist im großen und ganzen, abgesehen von dem Vogelleben, eintönig. Von der reichhaltigen Fischfauna des Meeres zeigen sich nur wenige Arten dem beobachtenden Blick. Wale bevölkern in Schulen die Ozeane, Haie folgen den Schiffen, unter denen Menschenhai (*Carcharias*) und Hammerhai (*Zygaena malleus*) besonders zu erwähnen sind, da sie in den oberflächlichsten Wasserschichten leben. Eine eigenartige Erscheinung bietet der Mondfisch (*Orthogoriscus mola*) auf hoher See. Er lebt in tropischen und subtropischen Meeren und erweckt durch seine eigenartige Gestalt den Eindruck, als ob es sich bei ihm nur um einen Fischkopf handelte. Vereinzelt wird auch der Heringskönig (*Regalecus Banksi*) schnell schwimmend an den nordeuropäischen Küsten beobachtet. Zahlreiche Fische leben in Scharen und erscheinen dadurch auffällig im Bild der Meereslandschaft. Als solche sind unter anderen Arten der Tunfisch (*Thynnus thynnus*), der zum Laichen in die Nähe der Küste kommt, sowie die Makrelen (*Scomber*), für die nordischen Meere die Schellfische, Dorsche und heringsartigen Fische zu nennen.

Sie ziehen auf ihren Wanderungen Wale, Robben und Meeres-

vögel nach sich, so daß in jenen Meeresteilen, in denen sich diese Fischzüge geltend machen, ein reiches Tierleben pulsiert.

Von niederen Meerestieren machen sich auf dem Meere namentlich in den tropischen Meeren, die zu den Nesseltieren (Cnidaria) gehörenden Quallen auf der Meeresoberfläche treibend sichtbar. Als solche seien die Blasenquallen (Physalia), zahlreiche Röhrenquallen (Siphonophorae) und unter diesen die Segelqualle (Velella) und *Porpita mediterranea*, genannt. An den Küsten des atlantischen Ozeans, des Mittelmeeres und der Nordsee lebt die Wurzelqualle (*Rhizostoma Cuvieri*); eine weite Verbreitung hat die Ohrenqualle (*Aurelia aurita*), sowie die stark nesselnde Haarqualle (*Cyanea capillata*). Die durchsichtig glashellen Quallen sind häufig mit den prägnantesten Farben geschmückt. Auf hoher See finden sich diese Quallen nicht, da sie meist durch ihre Entwicklung, weil sie ein festsitzendes polypenartiges Stadium haben, an die Küste gebunden sind. Durch Stürme werden viele Quallen häufig auf den Strand geworfen, auch werden sie, wie die Ohrenqualle, in Buchten zusammengetrieben, woselbst das Meer von ihnen bedeckt erscheint.

Aus der Gruppe der Kopffüßler (Cephalopoda) ist den Seefahrern der Papiernautilus (*Argonauta argo*) bekannt, der in einer ungekammerten, schmutzigweißen Kalkschale, die an den Seiten mit Rippen versehen ist, sitzt. Auf dem Boden des indischen Ozeans lebt das Schiffsboot (*Nautilus pompilius*), das zeitweilig auf dem Wasser schwimmend angetroffen wird, wobei das Tier aus seiner rotbraun gefärbten Schale etwas herauskommen und die Arme flach ausbreiten soll.

Auch die Schnecken sind aus der Gruppe der Mollusken durch zahlreiche im Meere an der Oberfläche lebende, zum Teil prächtig gefärbte Arten vertreten. Selbst ein Insekt, die Meerwanze (Halobates) macht sich dort zahlreich bemerkbar, winzige Krebsechen aus der Gruppe der Hüpferlinge oder Copepoden beleben in Scharen die Oberfläche des Meeres und Massenansammlungen von koloniebildenden Radiolarien erscheinen in den Tropen auf dem Meere schwebend. Diese als Plankton zusammengefaßte schwebende Tierwelt drängt sich nur selten auf der gewaltigen Oberfläche des Meeres dem Auge auf, sie gehört aber in allen ihren Erscheinungen zum Bilde der wogenden Wassermasse, die in ihrer Gesamtheit das Weltmeer bildet.

In allen Meeren innerhalb der Wendekreise sowohl auf hoher See als in Küstennähe leben die Seeschildkröten (Chelonidae). Dieselben suchen für die Eiablage die Küste auf, um am Strande in den Sand ihre Eier abzulegen, die durch die Wärme des von der Sonne erhitzten Sandes ausgebrütet werden. Im wärmeren atlantischen Ozean lebt die Leder-schildkröte (*Dermochelys coriacea*), deren Panzer mit einer dicken Lederhaut überzogen ist. Die tropischen Teile aller Ozeane bewohnt die Karettschildkröte (*Chelone imbricata*), die Spenderin des hochgewerteten Schildpatts, während in den warmen, als auch in den gemäßigten Meeren die Suppenschildkröte (*Chelone viridis*) zu finden ist. Ihr schließt sich im atlantischen Ozean und Mittelmeer die Europäische Seeschildkröte (*Thalassochelys corticata*) an. Die Gliedmaßen der Meeresschildkröten sind zu Flossen umgestaltet. Es sind gewandte Schwimmer, die sich von Fischen, Krebsen und Weichtieren ernähren.

Auch die Schlangen senden Vertreter in das Meer hinein. Überall in den Tropen des indischen und pazifischen Ozeans leben die Meer-schlangen (Hydrophidae), die sich in Gesellschaften zusammen-

finden sich aber nicht vom flachen Wasser entfernen. Ihr Vorderkörper ist rundgestaltet, der hintere aber seitlich zusammengedrückt, wobei der kurze Schwanz ein Ruder darstellt. Sie besitzen Giftzähne, die ein starkes Gift absondern. Schließlich sei noch der Färbung des Meeres durch Organismen gedacht, dessen Rotfärbung durch wolkenartige Ansammlungen eines Hüpferlings (*Calanus finmarchicus*) in den arktischen und antarktischen Gewässern, sowie in kalten Strömungen erzielt wird, während grüne und gelbe Farbtöne durch Algen aus der Gruppe der Schizophyceen hervorgerufen werden, welche Erscheinungen demnach nicht in den Rahmen unserer Betrachtungen gehören. Wohl aber muß des Meeresleuchtens gedacht werden, da es von tierischen Organismen hervorgerufen wird. Unter allen Zonen phosphoresziert das Meer, am wunderbarsten aber unter den Wendekreisen. Am schönsten ist das Meeresleuchten in windstillen Nächten. Bei starker bewegter See senken sich die meisten Tiere in die Tiefe, und es tritt nur hier und da ein schwaches, schnell verschwindendes Leuchten in Erscheinung. Verschiedene Wesen beteiligen sich an dem Zustandekommen des Meerleuchtens. In den nördlichen Meeren ist es namentlich *Noctiluca miliaris*, sowie Geißeltierchen (*Peridinium*). Im Mittelmeer und im Atlantischen Ozean leuchten in intensiv grünlichblauem Licht die zu den Manteltieren gehörenden Feuerwalzen oder Pyrosomen. Auch Rippenquallen (*Chenophoren*) nehmen daran teil. Die Erscheinung des Meeresleuchtens bildet eines der großartigsten Phänomene des Meeres, zumal zu den oben genannten Tieren Milliarden mikroskopischer Lebewesen hinzutreten.

Kapitel V. Die Tierwelt der Polarländer.

1. Allgemeines.

Die tierischen Bewohner der Polarländer lassen in ihrer Eigenart und Zusammensetzung manche Übereinstimmung mit denen des Hochgebirges erkennen. Die ausgedehnten Schneeflächen und Eismassen der Polarländer verlangen von ihren Bewohnern ähnliche Anpassungen wie von den Hochgebirgstieren. Dazu kommt noch, daß sich in den Hochgebirgen des Mittelgürtels seit der Eiszeit Pclartiere erhalten haben. Obwohl im Laufe der Zeiten ein Zustrom von Einwanderern aus der Tiefebene in die Höhen stattfand, entstammt doch noch ein stattlicher Teil der Tierwelt der früheren Eiszeit. Entsprechend der natürlichen Gliederung der Polarländer läßt sich die Tierwelt der Festlandsmasse von der der vorgelagerten Inseln und des Polarmeeres unterscheiden. In den Nordpolarländern kommt diese Gliederung aus dem Grunde zu besonderem Ausdruck, weil hier die Pflanzenwelt, die sich von den südlicher gelegenen Ländergebieten in die polare Landschaft hineinschiebt, für das Dasein vieler Tiere eine wichtige Rolle spielt.

Der kalte Gürtel besitzt eine stark verkürzte Vegetationszeit für den Pflanzenwuchs; der Sommer ist sehr kurz. Kein Monat hat über 10°. Ihm gehört der größte Teil der Eisbodenregionen an und er reicht im Norden bis an die Baumgrenze. Der polare Gürtel entbehrt des Baumwuchses deshalb, weil dieser verschwindet, wo das Tagesmittel nicht wenigstens für die Dauer eines Monats sich auf 10° und mehr erhebt.

Der eigentlichen Eis- und Schneeregion des Nordens schließt sich nach Süden das Gebiet der Tundren an. Als solche lassen sich die vegetations-

ärmeren Landgebiete zusammenfassen, denen Lagerpflanzen, Moose und Flechten, unter Beimischung von manchen anderen genügsamen Pflanzen den Charakter geben. In den ehemaligen Glazialgebieten greifen sie weiter in den Waldgürtel ein.

In klimatischer Hinsicht lassen sich zwischen Nord- und Südpolargebiet insofern Unterschiede erkennen, als dasjenige der Nordpolarländer sich durch strenge Winterkälte, kurze kalte Sommer, Verschiebung des Kältemaximums in das Frühjahr hinein, geringe Niederschläge und verhältnismäßig geringe Heftigkeit der Stürme, das der Südpolarländer sich dagegen bei sehr strengem Winter und sehr niedrigen Sommertemperaturen durch heftige Luftbewegung auszeichnet.

Zu diesen klimatischen Unterschieden kommt noch die Tatsache, daß die antarktische Region eine viel kärglichere Pflanzenwelt als die arktische besitzt, woraus sich ebenfalls Folgerungen für das Vorkommen und die Verbreitung der Tiere ziehen lassen.

Die Abhängigkeit der Tiere von dem Vorkommen und der Zusammensetzung der Pflanzenwelt wird durch den Mangel bzw. die Spärlichkeit der Pflanzenentwicklung in den Polargebieten so recht in Erscheinung gebracht. Die Anpassungsforderungen dieser klimatisch extremen Länder als Lebensraum für die Tierwelt müssen daher außerordentlich schwerwiegende sein, wenn die Geschöpfe diese Lebensverhältnisse ertragen und in ihnen ihr Fortkommen und ihre Vermehrung finden sollen. Es lassen sich daher spezielle Anpassungserscheinungen bei diesen Tieren nachweisen, die auf die genannten Einflüsse zurückzuführen sind.

Für das Verständnis der Zusammensetzung des Tierlebens der Polargebiete und ihrer durch ihre Eigenart bedingten Anpassungserscheinungen ist eine Gliederung dieses Lebensraums in die Region der Tundra und in die der Schnee- und Eiswüste erforderlich.

2. Der Einfluß der Polarwelt auf die Tiere.

Die Tierwelt der Nordpolarländer läßt sich als arktische Circumpolarregion zusammenfassen. Sie enthält die nördlichsten Teile der Alten und Neuen Welt und dehnt sich südlich bis zur Nordgrenze des Baumwuchses aus.

Die Tundra. Da die Pflanzendecke sehr gleichmäßig und einförmig ist, so beherbergen die Ebenen der Tundra trotz ihrer Ausdehnung wenig Tierformen; nur wenige Pflanzenfresser begnügen sich mit der spärlichen Flechten- und Moosnahrung. Dementsprechend kann es auch nur wenige Raubtierarten dort geben, die von den ersteren in ihrem Dasein abhängen. Die Tierwelt der Tundra zeigt in ihrer Zusammensetzung an Arten und für sie charakteristischen Formen von den polaren Landschaften das reichste Gepräge, da zusammenhängender Wald, Waldoasen, sowie waldlose, mit Flechten und Moosen bestandene Flächen ineinandergreifen und dadurch dem verschiedenartigen Wild unterschiedliche Daseinsmöglichkeiten geboten werden. Von den südlicher gelegenen Landgebieten wechseln manche Säugetiere in die Tundra hinein, die nicht als eigentliche Charaktertiere für sie anzusprechen sind. Als solche sind u. a. Bär, Fuchs, Wolf, Wiesel, Hermelin, Vielfraß, Wasserratte und die nordische Wühlmaus zu nennen. Besonders bezeichnend für die Tundra sind aber Moschusochse, Renttier, Eisfuchs, der veränderliche Hase und der Lemming. Das ganze Dasein dieser Tiere ist so ganz und gar mit den Lebensbedingungen der Tundra verwachsen, daß sie in anders gearteten Landschaften auf die Dauer nicht leben könnten.

Auch zahlreiche Vögel beleben die Tundra. Als Charaktervögel sind

Rauhfußbussard, Schneeeule, Sumpfohr-Eule, Kolkrabe, Alpenlerche, lappländische Ammer, Schneeammer und Schneehuhn aufzuführen. Außerdem finden sich dort zahlreiche Gänse und Enten, Regenpfeifer, Strandläufer und andere Wasservögel. Das Vorkommen von Reptilien und Amphibien in der Tundra ist dagegen aus den schon vorher geschilderten Gründen fast ausgeschlossen.

Bei der Verbreitung und Verteilung dieser Tierwelt über die Tundra-Einöden kommt das Klima weniger, die Pflanzenwelt in viel höherem Maße in Betracht. Daher kommt es, daß das Tierleben der Tundra viele Übereinstimmung mit demjenigen steppenartiger Gebiete erkennen läßt.

Die Eiswüsten. Von dieser noch an zusammenhängende Pflanzenvereine gebundenen Tierwelt unterscheiden sich die eigentlichen Eistiere der Polarländer durch weit geringere Lebensansprüche, sowie durch besondere Anpassungserscheinungen an die extremen, ausgeprägt einseitigen Lebensforderungen. Sie sind die vorgeschobenen Vorposten der Tierwelt, die teilweise gänzlich von dem Vorhandensein der Pflanzen unabhängig sind. Die Ausbildung dieser Eistiere steht noch mehr als die der Tundrabewohner unter dem Zwange des Schutzes gegen die Kälte. Die Säugetiere besitzen einen dichten Pelz, der im Sommer einem aus kürzeren Haaren bestehenden Kleid Platz macht.

Im polaren Winter ist es nicht der Mangel an Nahrung allein, der das Dasein erschwert, sondern die dann herrschende Dunkelheit trägt viel dazu bei. Als Schutz gegen die Einflüsse der grimmigen Kälte hat sich daher bei vielen Polartieren eine dicke Speckschicht unter der Haut gebildet. Das ist bei den polaren Wasserbewohnern in noch erhöhtem Maße der Fall.

Wie bei den Gebirgstieren die bunte Färbung und Zeichnung unter dem Einfluß der kahlen, einfarbigen Umgebung verschwindet und grauen bzw. weißen Farbtönen in Anpassung an die Farbe der Felsen bzw. von Eis und Schnee Platz macht, läßt sich dieser Farbwechsel auch für die Polartiere feststellen. Namentlich sind die landbewohnenden Eistiere, wie Eisbär, Eischund und Polarhase weißgefärbt. Beiden letzteren nimmt aber das Fell mit Eintritt der wärmeren Jahreszeit durch Haarwechsel als Sommerkleid graubraune Farbtöne an. Bei dem Polarhasen besteht dieses nur aus wenigen farbigen Spuren, während der Eisbär als Bewohner des Polarmeeres und als ausgezeichnete Schwimmer inmitten des den Küsten vorgelagerten Eisgürtels im Winter und Sommer in weißem Haarkleid erscheint.

3. Die Tierwelt der arktischen Gebiete.

Unter den Säugern der arktischen Region steht der Eisbär an erster Stelle. Seine Verbreitung dehnt sich nach Norden bis zum Pol aus. Seine südliche Verbreitung geht nur ausnahmsweise unter den 55.^o n. Breite hinaus. Er gehört allen nördlichen Erdteilen gemeinsam an und trotz in jenen Gegenden der grimmigsten Kälte und den furchtbarsten Unwettern. Im Sommer zieht sich dieser Bär nach Norden zu den Eismassen zurück, an deren Rändern das arktische Tierleben besonders entwickelt ist. Er ist zu einem ausgezeichneten Schwimmer geworden, der sich zwischen den Eisschollen umhertreibt.

Ihm schließt sich der Polarfuchs (*Canis (Alopex) lagopus*) an, der im Sommer ein erd- oder felsenfarbiges, im Winter ein schneefarbiges oder ebenfalls dunkles Kleid trägt: Einzelne Exemplare legen im Winter kein weißes Kleid an, sondern erscheinen in einem solchen von hellblauer, brauner und rötlichbrauner Farbe. Diese werden als „Blaufüchse“ bezeichnet und finden sich zwischen den anderen. Sie sind daher auch nicht als besondere Art aufzufassen, sondern nur als Farbenabänderung.

Der hohe Norden der alten und neuen Welt ist ihre Heimat und finden sie sich auf den Inseln nicht seltener als auf dem Festland. Durch das Treibeis werden sie über die ganze nördliche Erde verbreitet. Der Eisfuchs geht nicht über den 60.^o n. Br. nach Süden. Ein anderes arktisches Raubtier ist der Polarwolf (*Canis tundrae*). Vom 40.^o n. Breite an mischen sich in Nordamerika unter die grauen Wölfe weiße. Weiter nach Norden hin nehmen die grauen ab und schließlich bleiben nur noch weiße übrig. Diese werden als Polarwölfe bezeichnet. Auch in Sibirien kommen weiße Wölfe vor, die von der Wissenschaft als *Canis albus* benannt wurden. Von Raubtieren der Arktis verdient noch der Polarfuchs Erwähnung. (*Lynx canadensis*.) Er ist ein wichtiges Pelztier Nordamerikas, ist aber nicht als eigentliches Eistier anzusprechen.

Den Norden der Erde bewohnt auch der Vielfraß (*Gulo borealis*). Seine Verbreitung erstreckt sich von Südnorwegen und Finnmarken an durch ganz Nordasien und Nordamerika bis Grönland. Er ist ein gefährlicher Feind der Rentiere und wagt sich sogar an Elche heran.

Die Horntiere sind im hohen Norden durch den Moschusochsen (*Ovibos*) vertreten, von welchem man heute eine westliche (*Ovibos mackenzianus*) und östliche Form (*Ovibos moschatus*) unterscheidet. Während der Eiszeit war das Verbreitungsgebiet dieses Tieres circumpolar. Es ist ein Bewohner der Länder des polaren Amerikas und wandert im Winter, wenn das Eis es erlaubt, von Insel zu Insel. Im Winter zieht es südlicher. Gegen die Kälte ist es durch ein aus langen, dichtstehenden Haaren bestehendes Fell geschützt. Als Standplätze scheint es die Täler und Niederungen seiner Heimat zu bevorzugen. Dort findet es sich in Herden vor 20—30 Stück. Seine außerordentliche Genügsamkeit ermöglicht es ihm, den furchtbaren Winter zu überleben. Im Winter scharrt es aus dem Schnee die kümmerliche Aesung, im Sommer findet es stellenweise an üppig gedeihendem, niederem Pflanzenwuchs willkommene Nahrung.

Auch ein Hirsch, das Rentier (*Rangifer*) bewohnt den polaren Norden, und zwar sowohl die nördlichen Wälder als auch die Tundren der Alten und der Neuen Welt. Da das Leben vieler Völker von dem Rentier abhängig ist, hat dieses Säugetier für die Menschheit hohe Bedeutung. Vom wilden Rentier werden heutzutage 14 verschiedene geographische Formen unterschieden. Die Waldrenntiere suchen im Winter Schutz im Walde und wandern im Sommer nach Norden zu günstigeren Weidegebieten. Die Tundrenrenntiere wandern weniger oder garnicht. Ihre breiten Hufe, die das Einsinken verhindern, machen diese Tiere besonders zu Bewohnern jener nördlichen Länder geeignet, die im Sommer eigentlich nur ein Morast, im Winter ein einziges Schneefeld sind. Das wilde Rentier nährt sich im Sommer von saftigen Tundrenkräutern, im Winter von Flechten, auch frißt es gern Knospen und Schößlinge der Zwergbirke. Das mit feinen Sinnen ausgerüstete wilde Rentier lebt in Trupps von 2—20 Stück zusammen. Gegen die Winterkälte ist es durch einen dichten Pelz geschützt, in dessen Farbe in den nördlichsten Gegenden weiße Töne vorherrschen.

Das zahme Rentier erfreut sich als Herdentier der größten Gunst des polaren Menschen. Die Renntiernomaden sind in ihrem Leben von diesem Säuger völlig abhängig, obwohl es bei ihnen in halbwildem Zustande lebt. Die Ausnutzung des lebenden und toten Tieres ist eine außerordentliche. Fleisch, Milch, Haut, Knochen, Sehnen, alles wird vom polaren Menschen benutzt und für die Erhaltung seines Lebens verwandt. Eine Eigenart des zu den Hirschen gehörenden Rentieres ist es, daß auch die weiblichen Exemplare Geweihe tragen.

Auch die Nagetiere sind im polaren Norden vertreten. Der Polarhase (*Lepus arcticus*) lebt hoch im Norden Amerikas. Er ist bis auf die schwärzlichen Ohrspitzen völlig weiß gefärbt. Im Sommer zeigt sein Fell wenige lange, schwärzliche Haare über den Rücken zerstreut. Er ist völlig auf den Schnee angewiesen. Sein Lager findet er in einer Schneewehe oder hinter einem aufragenden Felsen. Als Nahrung dienen ihm Hirschezungenpilze, Flechten und Zweige arktischer Zwergbäume. Der Polarhase wurde auf Eisfeldern und zugefrorenen Meeresteilen zwanzig Meilen vom nächsten Land entfernt gefunden.

Dem Polarhasen schließt sich nach Süden hin der Nordische Schneehase der Alten Welt (*Lepus timidus variabilis*) an. Von ihm werden verschiedene geographische Formen unterschieden. Während sein Winterkleid, mit Ausnahme des Irischen Schneehasen weiß ist, läßt das Sommerkleid schmutzig rotbraune, auf dem Rücken schwärzliche Töne erkennen. Bei ihm lassen sich Übergänge vom Polarkleid zum braunen Kleid südlicherer Formen nachweisen. Nach Norden werden die weißen Schneehasen zahlreicher.

Auch der Lemming (*Lemmus*) gehört zu den Polartieren des Nordens. Er bewohnt in verschiedenen geographischen Formen die nordischen Länder Europas, Asiens und Nordamerikas. In Zeiten der Not schart er sich in großer Anzahl zusammen und wandert, verfolgt von zahlreichen Raubtieren und Raubvögeln, über Berg und Tal und durch reißende Ströme zu günstigeren Nahrungsplätzen, wobei Hunderttausende von ihnen zu Grunde gehen. Seine Nahrung sind Tundrenkräuter und Renntierflechten. Mit Grabkrallen bewehrte fünfzehige Füße befähigen ihn, sich unter Steinen und Moos Höhlen zu graben.

Er ist im arktischen Europa (Norwegen, Lappland), Asien und Grönland ein Bewohner der subalpinen Gebiete, d. h. der über dem Nadelwald liegenden Birken- und Grauweidenstufe.

Einen wesentlichen Bestandteil der arktischen Tierwelt bilden die robbenartigen Meeressäuger. Schon der Eisbär erwies sich als ausgezeichnete Schwimmer. Bei den Robben handelt es sich aber um dem Wasserleben hochgradig angepaßte Geschöpfe, die nur vorübergehend an das Land kommen, um sich hier auszuruhen, zu begatten und Junge zu werfen. (Abb. 74). Als solche sind für das nordische Polargebiet der grönländische Seehund (*Phoca groenlandica*), die Klappmütze (*Cystophora cristata*), die Bartrobbe (*Erignathus barbatus*), die Ringelrobbe (*Phoca hispida*), die Kegelrobbe (*Halichoerus grypus*), die bis nach Nowaja-Semlja hinaufgeht, und die Walrosse (*Odobenus obesus* und *O. rosmarus*) zu nennen. Ihnen schließen sich als ausschließliche Wasserbewohner die Wale an. Unter diesen sind Grönlandwal (*Balaena mysticetus*), Finnwal (*Balaenoptera physalus*) (Abb. 75), die zu den Bartenwalen gehören, sowie der Narwal (*Monodon monoceros*), der durch 2—3

Meter lange, von rechts nach links gewundene, hohle, wagerecht im Oberkiefer stehende Stoßzähne, von denen in der Regel nur einer und zwar der linksseitige voll entwickelt ist, für die Arktis hervorzuheben.

Die Anpassungen der polaren Meeressäuger treten durch Umwandlungen im Körperbau immer stärker in Erscheinung, je ausgiebiger diese



Abb. 74. Vorderfuß eines Walrosses.

Die Gliedmaßen der Robben sind zu Schwimm- und Ruderorganen geworden, deren flossenartiger Charakter diese Tiere zum geschickten Schwimmen und Tauchen befähigt.

Tiere das Wasser zu ihrem Lebensaufenthalt machen. Die schwerwiegendsten Abänderungen erstrecken sich auf die Umformung der Gliedmaßen zu flossenartigen Schwimm- und Ruderorganen. Ihre Körpergestalt nimmt Spindelform an, so daß leicht ohne unnötige Reibung das Wasser durchschnitten wird.

Als weitere Anpassungen an den Wasseraufenthalt sind die verschließbaren Öffnungen der Nase und der Gehörgänge zu erwähnen. Die Ohrmuscheln fehlen ihnen gänzlich, mit Ausnahme der Seelöwen, bei denen sie, wenn auch rückgebildet, doch vorhanden sind.

Zur Fortpflanzungszeit sind die robbenartigen Meeressäugtiere gezwungen, ihren Aufenthalt geraume Zeit auf dem Lande bzw. auf



Abb. 75. Finnwal (*Balaenoptera physalus*, L.).

Der Finnwal kann eine Länge von 25 Metern erreichen. Er bewohnt den nördlichsten Teil des Atlantischen Ozeans und das Eismeer und gilt als einer der schnellsten der Bartenwale. Seine Nahrung besteht hauptsächlich aus Fischen.

dem festen Eise zu nehmen. Sie finden sich dann an bestimmten von ihnen seit langen Zeiten als Brunstplätze innegehaltenen Küstenplätzen, auf einsamen Felseninseln oder entlegenen Eisflächen zusammen, um ihre Jungen zu gebären und sich bald danach aufs neue zu begatten. Auf diesen Brunstplätzen findet auch der Haarwechsel statt. Die Robben sind mit Ausnahme weniger Arten, die sich in abgeschlossenen Seen als Überreste vorfinden, alles Meeresbewohner.

In noch weit bedeutenderem Maße haben sich die Wale dem Wasserleben angepaßt. Die äußerlich einander ähnlichen, als Zahnwale und Bartenwale unterschiedenen Walgruppen sind unter sich so wenig stammesverwandt, daß sie als selbständige Säugetierordnungen angesehen werden müssen. Als typischen Vertreter der ersteren kann der Delphin (*Delphinus delphis*, L.) gelten, dessen Gebiß ihn als schlimmsten Räuber des Meeres kennzeichnet. (Abb. 76). Daß auch die Bartenwale von zahntragenden Vorfahren abstammen,



Abb. 76. Delphin (*Delphinus delphis*, L.).

Dieser Zahnwal ist in allen Meeren der nördlichen Halbkugel heimisch. Sein aus zahlreichen kegelförmigen Zähnen bestehendes Gebiß kennzeichnet ihn als gefährlichen Räuber. Seine Nahrung besteht aus Fischen, Krebsen und Kopffüßern.

Vorkommen von wenigen Haaren an bei manchen Arten.

Die erwachsenen Wale haben jede Spur von hinteren Gliedmaßen in Anpassung an den Wasseraufenthalt verloren. Bei deren Embryonen sind

beweisen deren Embryonen, die in der ersten Zeit ihres embryonalen Lebens bis zu 51 Zähnchen in jeder Kieferhälfte aufweisen, die aber lange vor ihrer Geburt wieder verschwinden. Durch Anpassung an den Wasseraufenthalt ist das Haarkleid der Wale verschwunden. Daß aber die Vorfahren der heutigen Wale unzweifelhaft ein Haarkleid besessen haben, beweist das der Oberlippe im fötalen Zustand

ihre Anlagen jedoch als kleine, später wieder verschwindende Höcker nachweisbar. Als Bewegungsorgane dienen diesen Meeressäugern die flossenartigen Vordergliedmaßen, sowie die horizontal gestellte Schwanzflosse, die als Neuerwerbung während des Wasseraufenthaltes aufzufassen ist. Bei den Bartenwalen finden sich längs dem knöchernen Gaumen zwei Reihen von Bartenplatten als hochgradige Anpassung an eine aus zahllosen kleinen Meerestieren bestehende Nahrung.

Die mächtige Speckschicht unter der Haut, die den Walen in noch höherem Maße als den Robben eigen ist, dient als Wärmeschutz und gleichzeitig zur Herabsetzung des spezifischen Gewichts im Wasser, sowie auch als Gegengewicht gegen den Druck der Wassermasse.

Schon bei den Robben läßt sich eine Verminderung des Haar Kleids nachweisen, indem diesen Tieren das Wollhaarkleid gänzlich fehlt, während ihre Körperbedeckung nur aus eng anliegenden Grannenhaaren besteht.

Die Wale sind keine eigentlichen Hochseetiere, sondern leben hauptsächlich an den Küsten, da sich hier die Ansammlungen von Tieren und Pflanzen finden, die ihnen als Nahrung dienen. Im Zusammenhang mit dem Auftreten der Nahrungstiere finden Wanderungen der Wale statt. Bei manchen Walarten ist eine regelmäßige Wanderung, je nach der Jahreszeit, nachweisbar. Sie leben gleich den Robben gesellig und ziehen häufig in großen Scharen zusammen. Die riesige Ausdehnung ihres Wohngebietes und die dadurch ungehinderte Bewegungsfreiheit bei reichlicher Nahrung fördert die Größenzunahme dieser Tiere, weshalb sich bei einer Anzahl von Arten Riesenzunahme entwickelt hat.

Aus der Ordnung der Säugetiere gehört außer den geschilderten Formen noch der Seeotter der polaren Region an.

Von den Vögeln der nordpolaren Gebiete seien Schneeeule, Schneehuhn, Schneeammer und Eiderente, sowie Taucher, Alken und Seemöven genannt.

Taucher und Alken nisten auf einsamen Inseln und am klippenreichen Ufer des Polarmeres in großen Scharen und nähren sich von den Tieren des letzteren, während Körner- und Insektenfresser unter den Vögeln wegen der Pflanzen- und Insektenarmut des Landes sehr selten sind.

Reptilien und Amphibien fehlen der Schneeregion des Polargebietes ganz, auch Mollusken und Insekten sind nur äußerst spärlich vertreten.

Das Tierleben des hohen Nordens ist aus dem Grunde von besonderem biologischen Interesse, weil es auf der einen Seite zeigt, auf welche außerordentlich mannigfaltige und innige Weise der Tierkörper sich den Anforderungen, der durch ein extremes Klima ausgezeichneten Umwelt, die sich hier durch Pflanzenarmut auszeichnet, anzupassen versteht. Auf der anderen Seite läßt sich durch die verschiedenartige Tierwelt, die diese hohen Breiten bewohnt, der Nachweis erbringen, daß diese hohe Anpassung in ganz besonderem Maße die Säugetiere und Vögel erreicht haben.

Das Polarmeer ist nicht arm an Fischen. Namentlich sind es Sechselfischarten, sowie der Eishai, die als hochnordische Vertreter des Fischgeschlechts in Frage kommen.

4. Die Tierwelt der antarktischen Gebiete.

Die Tierwelt der Südpolarregion zeigt in ihrer Zusammensetzung im allgemeinen Übereinstimmung mit derjenigen des hohen Nordens. Dennoch lassen sich im einzelnen tiefgreifende Unterschiede nachweisen.

Die Pflanzenwelt verursacht hier keine Anpassungserscheinungen, wohl aber Eis und Schnee.

Die Pflanzenwelt der Antarktis ist auf der Insel Süd-Georgien noch am reichsten entwickelt. Laubmoose, Flechten, Gramineen sind hier durch wenige Arten vertreten, während baumartige Holzgewächse völlig fehlen. Im flacheren Wasser an der Küste wachsen unter zahlreichen anderen Algenarten vor allem der Beerentang und der antarktische Riesentang. Die wichtigste Rolle als Nahrungsquelle für das reiche Tierleben des antarktischen Meeres bilden die unschätzbaren Mengen der winzigen Formen des pflanzlichen Lebens, Kieselalgen und Diatomeen.

Eigentliche Landtiere, wie Eisbär, Renntier, Eisfuchs, besitzt die Antarktis nicht. Die Säugetiere sind nur durch die dem Wasser angepaßten Robben und Wale vertreten. Die größte lebende Robbe überhaupt, der Seeelefant (*Macrorhinus*), der durch einen über dem Maule herabhängenden Rüssel ausgezeichnet ist, entspricht in seiner mächtigen Erscheinung dem Walroß, ohne in verwandtschaftlichem Zusammenhang mit diesem Bewohner des hohen Nordens zu stehen.

Die Seeelefanten unternehmen alljährlich Wanderungen in ihrem südlichen Verbreitungsgebiete. Im Packeis des Südpolarmeeres wird der Weiße Seehund (*Lobodon carcinophaga*) angetroffen. Ferner sind der Wedellseehund (*Leptonychotes Weddellii*) und der Seeleopard (*Stenorhynchus leptonyx*) als typische antarktische Seehunde zu nennen. Weddell's Seehund findet sich zur Winterszeit in offenen Stellen um die Eisberge häufig. Hierzu kommt noch als vierte Seehundsart der Roß-Seehund (*Ommetophoca Rossi*).

Unter den Walen der Südpolarregion sind der südliche Gattwal (*Balaena Antipodorum*), der Potwal (*Physeter macrocephalus*), der Blauwal (*Balaenoptera musculus*) und ein kleiner Finnwal (*Neobalaena marginata*) hervorzuheben. Reichhaltig ist das Vogelleben der Antarktis. Für dieses Gebiet allein bezeichnend sind die Scheidenschnäbel (*Chionis*). Am stärksten vertreten sind die Sturmvögel (*Procellariidae*) und die eigentlichen Charaktervögel der Antarktis, die Pinguine. Die letzteren zeigen in ihrem Körperbau die vollkommenste Anpassung an den Wasser- und Polaraufenthalt. Obwohl sie in der Antarktis heimisch sind, dringen sie mit kalten Strömungen an der Westküste Afrikas bis zum Krouzkap, an der Westküste Amerikas sogar bis zu den Galapagos-Inseln vor. Ihre Flugfähigkeit haben sie gänzlich eingebüßt, denn ihre Vordergliedmaßen sind zu flossenartigen Ruderorganen geworden, während ihre Beine weit nach hinten stehen und sehr kurz sind, so daß sich diese Vögel auf dem Lande in aufgerichteter Körperhaltung watschelnd und unbeholfen vorwärtsbewegen. Sie können ausgezeichnet schwimmen und tauchen, erweisen sich aber auf dem Lande als sehr ungeschickt. Beim Vorwärtsschreiten setzen sie meistens einen Fuß über den anderen und machen bei jedem Schritt eine Viertelwendung mit dem Körper nach rechts oder links. Es sind gefräßige Vögel, die hauptsächlich von Fischen leben, die sie bei ihrem reißend schnellen Schwimmen mit Leichtigkeit erbeuten. Eine besondere Anpassung an den Wasser- und Eisaufenthalt zeigt ihr Federkleid. Es besteht zwar wie bei anderen Vögeln aus Kontur- und Daunenfedern, die ersteren sind aber in ihrer Form so umgebildet, daß sie eher Schuppen als Federn ähnlich sehen. Durch das enge Anliegen dieser nach Form und Bau veränderten Federn wird die Reibung beim Schwimmen verhindert. Auf dem Lande kommt diesen Vögeln der schuppenartige Bau dieser Federn bei ihren Bewegungen über Eis und Schnee sehr zu statten. Indem sie sich dabei auf dem Leibe gleitend vielfach fortbewegen, bieten ihnen die schuppenartig nach hinten gerichteten Federn auf der schlüpfrigen Fläche

Widerstand. Der Bau dieser Federn zeigt Uebereinstimmung mit dem der Haare der Seeelefanten, die gleich diesen Federn flach und plattgedrückt sind und die Form eines gleichschenkeligen Dreiecks erkennen lassen. Da diese Robben bei ihrer Größe und Schwere sich auf dem Lande ohne Mithilfe der Gliedmaßen nur mühsam auf dem Bauche rutschend fortbewegen können, bedarf es einer glatten Oberfläche des Pelzes beim Fortrutschen. Das Zurückgleiten wird aber durch die gegen den Strich widerspenstig gestellten Haare erschwert. Pinguinfeder und Seeelefantenhaar lassen demnach in ihrer übereinstimmenden Form eine interessante Konvergenzerscheinung erkennen.

Die größten und schönsten Pinguinarten sind der Königspinguin (*Aptenodytes patagonica*) und der Kaiserpinguin (*Aptenodytes forsteri*). Die letztere Art wird am südlichsten auf dem Eise gefunden.

Bei diesen großen Pinguinen wurde eine Art Brutpflege als Anpassung (Abb. 77) an den Aufenthalt auf den Eisflächen nachgewiesen. Sie besitzen auf dem Unterleib eine Bauchfalte, die zur Aufnahme des Eies beim Wandern auf dem Eise dient und lassen vermutlich das Ei nicht eher fallen, als bis das Junge anfängt, die Schale zu sprengen.

Reptilien und Amphibien fehlen der Antarktis ganz, da ihre klimatischen Verhältnisse deren Lebensmöglichkeit ausschließt. Das Südpolarmeer ist aber reich an Fischen, die den Säugern und Vögeln zur Nahrung dienen.

Wie außerordentlich abhängig das Tierleben von der Pflanzenwelt ist, beweist am besten die weit nördlicher im südindischen Ozean gelegene Insel Kerguelenland. Von Landsäugetieren ist nur die mit dem Menschen dorthin gelangte Hausmaus vorhanden. Von Vögeln sind als Standvögel die Scheidenschnäbel (*Chionis*) zu nennen, sowie eine Ente (*Querquedula eatoni*). Die übrigen Arten sind Meerestiere. Als solche sind Seeelefant, Seeleopard, Möwen und Sturmvoegel aufzuführen.

Da auf den Inseln Pflanzen vorkommen, die im wesentlichen aus dem Kerguelenkohl (*Pringlea antiscorbutica*), der Azorella selago und Gräsern bestehen, so findet sich dort auch eine Anzahl von Insekten, Käfern und Fliegen. Allen fehlen aber Flügel, damit sie vom Wind nicht ins Meer getrieben werden. Dazu kommen einige Spinnen, Milben und eine Schneekart. Nur ein einziger Schmetterling, eine Motte (*Embryonopsis*), ist den Kerguelen eigen.

Obwohl die Insel nicht zur eigentlichen Eisregion zu rechnen ist, besitzt sie dennoch ein rauhes und nebeliges Klima und liegt innerhalb des Gürtels des südlichen Treibeises. Es geht daraus hervor, daß es weniger die Kälte, wohl aber das Vorkommen der Pflanzen ist, von der das Tierleben abhängt.



Abb. 77. Königspinguin (*Aptenodytes patagonica*, Forst.).

Dieser große Pinguin überläßt seine Eier niemals sich selbst, sondern schleppt sie in einer Bauchfalte eingeklemmt mit sich umher.

5. Das Seelenleben der Polartiere.

Die Tierwelt, welche diese Einöden bewohnt, zeigt in ihrer seelischen Veranlagung manche übereinstimmenden Züge. Bei den großen Säugetieren ist der Geselligkeitstrieb besonders ausgeprägt. Moschusochsen und Rentiere leben in mehr oder minder größerer Anzahl vereinigt, die Geselligkeit ist aber bei den polaren Meeressäugetieren noch in weit höherem Maße ausgeprägt.

Namentlich sind es die Seeelefanten, Walrosse und Wale, die oft in großen Herden vereinigt angetroffen werden. Besonders zur Brunstzeit, in welcher die großen Robben das Land aufsuchen, um dort ihre Jungen abzusetzen und der Begattung zu obliegen, vereinigen sich oft zahllose Individuen. Dabei gilt das Recht der Starken über die Schwachen. Die großen Männchen sind die Leiter und Anführer der Herde. Sie fechten oft mit ihren Nebenbuhlern um den Besitz der Weibchen heftige Kämpfe aus. Die Walrosse sind äußerst vorsichtig und stellen Wachen auf, da sie vom Menschen, wie von ihrem natürlichen Feind, dem Eisbären, häufig heimgesucht werden. Trotz ihrer gewaltigen Kraft meiden sie den Menschen. Erzürnt sind sie aber im Wasser gefährliche Gegner, deren Wut keine Grenzen findet. Die Seehunde sind sehr scheu und entziehen sich durch Tauchen unter Wasser der Gefahr.

Anders die Tiere der Antarktis. Da hier weder der Mensch noch Raubtiere als natürliche Feinde dieser Geschöpfe existieren, sind sie äußerst vertrauensselig und nehmen von dem in ihre Breiten eindringenden Kulturmenschen wenig oder keine Notiz. Ihnen fehlt die Erfahrung, weshalb sie ein völlig harmloses Wesen zeigen. Nur die Wale sind scheu und vorsichtig und meiden den Menschen durch Untertauchen.

Die Kindesliebe ist bei den Robben und Walen sehr ausgeprägt. Namentlich sind es die Walrosse, die ihre Jungen mit riesiger Energie und Tapferkeit verteidigen. Die von Landraubtieren abstammenden Robben zeigen in ihren seelischen Eigenschaften eine außerordentliche Begabung. Sie sind sehr klug und lassen sich daher leicht und vortrefflich zähmen und abrichten.

Die Moschusochsen sind verhältnismäßig harmlos, sie verursachen oft Scheinangriffe, rasen mit gewaltigem Anlauf auf den Menschen zu, um dicht vor ihm abzulenken und sich von ihm zu entfernen.

Die wilden Rentiere sind außerordentlich scheu und daher schwer zu jagen. Die zahmen Rentiere sind unter der Botmäßigkeit des Menschen zu völlig harmlosen Geschöpfen geworden, die ihre Haustiernatur auch in seelischer Hinsicht nicht verleugnen.

Außerordentliche Neugierde zeichnet den Eisbären aus. Er besitzt eine große Dreistigkeit und ist bei seiner großen Kraft ein gefährlicher Gegner. Seine Klugheit ist eine sehr große. Er läßt sich leicht zähmen und abrichten. Im Gegensatz zu den Landbären, die auch im gezähmten Zustand immer unzuverlässig bleiben, erweist sich der Eisbär, einmal gezähmt, entschieden bedeutend zuverlässiger als jene.

Die große Begabung mancher Polartiere ist auf ihr erschwertes Ringen um das Dasein zurückzuführen. Diese Tiere müssen nicht selten allen Scharfsinn aufbieten, um ihr Leben zu erhalten. Dadurch wird die Entwicklung der Klugheit entschieden gefördert. Ein äußerst aufdringliches und freches Benehmen läßt der Eisfuchs erkennen, er wird den Reisenden daher durch seine Diebereien sehr lästig.

Die Pinguine sind sehr gesellige Vögel. Einen großen Teil des Jahres nehmen bei ihnen die Fortpflanzung und die Brutpflege ein.

Sie sind in ihrem Wesen harmlos und zutraulich, erweisen sich aber entschieden als beträchtlich intelligent. Das geht u. a. schon daraus hervor, mit welcher Geschicklichkeit sie sich gegenseitig die Eier stehlen. Die Möwen lassen ebenfalls eine nicht geringe Klugheit erkennen, zeigen sich aber in ihrem Wesen als sehr unruhig, was auf ihre unstete Lebensweise zurückzuführen ist.

Kapitel VI. Die Tierwelt der Luft.

1. Allgemeines. — Die Luft als Lebensraum.

Die physikalischen Bedingungen der Luft haben für das Tierleben große Bedeutung. Die atmosphärische Hülle der Erde reicht bis in eine Höhe von 70—100 km. Nach oben hin nimmt ihre Dichte sehr schnell ab, so daß sie in 75 km Höhe nur noch ca. $\frac{1}{10000}$ ihrer Dichte über dem Meeresspiegel besitzt. Der Gesamtdruck der Luftsäule, der auf den am Grunde des Luftmeeres befindlichen Lebewesen lastet, beträgt ca. 1 kg auf den Quadratcentimeter. Da alle Flüssigkeiten und Gase des Körperinnern auf diesen Druck abgestimmt sind, indem sie ihn durch gleichen Gegendruck beantworten und aufheben, wird er als solcher nicht empfunden. Erhebt sich nun das Geschöpf in höhere Luftschichten, so muß der Luftdruck mit Abnahme der Dichtigkeit der Luft nachlassen. Es entstehen dadurch Gleichgewichtsstörungen zwischen geringerem Luftdruck der Außenwelt und dem im Innern des Geschöpfes befindlichen höherem Druck. Wie Experimente nachgewiesen haben, wird von den Tieren eine Herabminderung des Druckes um etwa $\frac{2}{3}$ als äußerste Grenze ohne dauernde Schädigung von den Tieren ertragen.

Das spezifische Gewicht des tierischen Körpers ist ca 800 mal größer als das der Luft. Daher kommt es daß der Körper in die Höhe gehoben infolge seines Eigengewichtes auf den Boden sinkt und nur durch das Gewicht überwindende Muskelleistung seiner Gliedmaßen befähigt ist, sich in die Luft zu erheben und dort eine Zeit lang schwebend zu halten. Daraus ergibt sich, daß der Entwicklung des Körpers nach Größe und Gewicht Grenzen gezogen sind, so daß es als unmöglich erscheint, daß solche Kolosse, wie sie in der Gestalt der Wale im Wasser vorkommen auch in der Luft entstehen können.

Aus diesen Angaben folgt mit zwingender logischer Notwendigkeit, daß beim Wachsen der Höhenlage des Aufenthaltsortes der Tiere infolge des von einander abweichenden Luftdruckes sich die Schwierigkeit des Erhebens in die Luft vergrößert.

Nach oben hin verringert sich aber nicht allein der Luftdruck, sondern auch die Lufttemperatur. Die Luft wird in der Nähe der Erdoberfläche durch diese erwärmt. Da sie selbst aber ein schlechter Wärmeleiter ist, so wird die Temperatur der höhern Luftschichten nicht mehr direkt durch die Erdoberfläche erhöht, sondern die erwärmte Luft, welche durch Ausdehnung leichter geworden ist, steigt empor und führt ihre Wärme den höheren Schichten zu. Da die Luft bei ihrem Aufsteigen unter einen geringeren Druck kommt, dehnt sie sich aus, mit welcher Ausdehnung eine Temperaturabnahme verbunden ist. Demnach zieht nicht nur die Abnahme des Luftdruckes, sondern auch die der Temperatur nach oben hin dem tierischen Leben Grenzen.

Die chemische Zusammensetzung der Luft ist auf der ganzen Erde annähernd die gleiche. Im Mittel besteht sie aus 79% Stickstoff und 21% Sauerstoff, minimalen Mengen von Kohlendioxyd und anderen Gasen, während allein der Gehalt an Wasserdampf beständigen und weitgehenden Schwankungen unterworfen ist. Der Stickstoff ist für den tierischen Organismus ein indifferenten Körper, der Sauerstoff ist dagegen als die eigentliche Energiequelle aller organischen Wesen anzusprechen. Durch ihn wird das Gewebe des Körperinnern auf dem Wege der Oxydation chemisch verändert, und es werden durch diesen Verhennungsprozeß Kraftwirkungen erzeugt. Die geringen Mengen von Kohlendioxyd sind für das tierische Leben von keiner Bedeutung. Von großer Wichtigkeit ist aber für dasselbe der Feuchtigkeitsgehalt der Luft, die Wassermenge, die teils in Gasform als Wasserdampf, teils in fein verteilter, flüssiger Form als Wasserdunst in der Atmosphäre schwebt, um als Nebel, Tau, Regen und Schnee sich niederzuschlagen. Der Gehalt an Wasserdampf in der Luft ist beständigen und weitgehenden Schwankungen unterworfen.

Von hoher Bedeutung für das Gedeihen und das Vorkommen des tierischen Lebens sind die klimatischen Verhältnisse der Umwelt, wobei nicht nur Temperatur und Luftdruck, sondern namentlich der Feuchtigkeitsgehalt der Luft, sowie die Luftbewegung in Frage kommen.

Große Regelmäßigkeit in der Wiederkehr der periodischen Witterungserscheinungen ist die charakteristische Eigenschaft des Klimas des heißen Gürtels. Die Mitteltemperatur ändert sich im Laufe des Jahres so wenig, daß die Jahreszeiten nicht nach der verschiedenen Wärme, sondern nach dem Wechsel der Regen- und Trockenzeiten und den vorherrschenden Winden unterschieden werden. Das Klima der Mittelgürtel zeigt zwar weder die höchsten noch die niedrigsten Jahresmittel der Temperatur, besitzt aber doch sehr verschiedene Wärmeverhältnisse. In den Mittelgürteln ist im Laufe eines Jahres weder eine gleichmäßig hohe Wärme, noch eine gleichmäßig große Kälte vorhanden, sondern es macht sich ein Wechsel zwischen einer warmen und einer kalten Jahreszeit geltend. Außerdem kommen ihnen die beiden Übergangsperioden, Frühling und Herbst, als selbständige Jahreszeiten zu.

Das Klima der Polarzonen ist durch die kürzere oder längere Abwesenheit der Sonne im Winter und das schiefe Einfallen der Sonnenstrahlen im Sommer bestimmt. Außerdem wird noch das Ozeanische oder Seeklima unterschieden, das sich durch relativ hohe Wintertemperatur und niedrige Sommertemperatur, geringe jährliche und tägliche Temperaturschwankungen, große Feuchtigkeit und starke Winde auszeichnet. Ihm schließen sich das Insel- und Küstenklima an, welche alle im Gegensatz zum kontinentalen oder Binnenlandsklima stehen. Dieses zeigt warme Sommer, kalte Winter, trockne Luft, schwache und unregelmäßige Winde und wenig Niederschlag.

Das Klima von Gebirgen oder das Höhenklima zeigt eine Abnahme des Luftdrucks mit der Höhe und eine Zunahme in der Wirkung der Sonnenstrahlung, sowie auch eine Abnahme der Temperatur mit zunehmender Höhe. Das Gehirge übt einen Einfluß auf die Luftströme aus, indem es ihre Richtung ablenkt, sowie gewisse Luftströmungen, wie den Föhn und den Morgen- und Abendwind selbständig hervorruft.

Diese verschiedenen klimatischen Einflüsse und Gegensätze wirken mächtig auf die Tierwelt ein und fordern von dieser die verschiedensten Anpassungserscheinungen. Die Konstitution der Tiere ist dadurch eine sehr verschiedenartige. Am zähesten und abgehärtetsten erscheinen die Kontinentalbewohner, da diese dem oft großen Temperaturunterschied zwischen

Tag und Nacht ausgesetzt und demnach abgehärtet sind. Ozeanische Tiere sind infolge der Gleichmäßigkeit des Klimas ihres Wohnraumes gegen eingreifende klimatische Schwankungen sehr empfindlich, wie Akklimatisationsversuche in der Gefangenschaft beweisen. Das gilt auch für Hochgebirgsbewohner. Diese entziehen sich durch vertikale Wanderungen dem Einfluß der Jahreszeiten, nämlich dem Einfluß zu großer Kälte im Winter durch Wanderung nach unten, im Sommer aber, der ihnen unbequemen Hitze, durch Rückwanderung nach oben.

Dem Einfluß von Wind und Wetter sind die tierischen Bewohner der offenen Gebiete in weit stärkerem Maße ausgesetzt als die Waldbewohner. Der Wald verhindert, indem er Schatten bietet, zu starke und unmittelbare Sonnenbestrahlung; daher ziehen sich viele Tiere, um der Hitze zu entgehen, in den Schatten des Waldes zur Ruhe zurück. Auch schützt ein dichter Pflanzenbestand die Tiere vor dem schädigenden Einfluß der Winde. Ferner wird die Einwirkung starker Niederschläge abgeschwächt.

Im Gebirge sind die Tiere widrigen Witterungseinflüssen oft sehr ausgesetzt, da die Pflanzendecke in den Höhenlagen nicht ausreicht, um Schutz zu gewähren. Die Tiere suchen daher schützend gelegene Felswände auf, die der Wetterseite entgegengesetzt liegen oder suchen in Höhlen ihre Zuflucht.

In tieferen Lagen des Gebirges, oder im Mittelgebirge, in denen der Wald eine ausgedehnte Verbreitung hat, bieten sich den Tieren gegen Witterungseinflüsse weit günstigere Schutzverhältnisse. Der Wechsel der Jahreszeiten spielt als Beeinflusser des Tierlebens eine wichtige Rolle. Die zahlreichen Anpassungen, die bezwecken, den Einwirkungen bei Eintritt der Trocken- oder der Kälteperiode zu entgehen, gehören hierher. Die Entwicklung des Winterkleides, die Entstehung des Winterschlafes, der Wanderzug, das Einsammeln von Wintervorräten, besondere Fürsorge für den Schutz der Jungen und andere Einrichtungen und Lebensgewohnheiten mehr haben sich unter der Einwirkung des Jahreszeitwechsels ausgebildet.

Der Eintritt besonderer Naturereignisse, wie Wirbelstürme, Erdbeben und vulkanische Ausbrüche, gefährden nicht selten das tierische Leben und zerstören oft in kürzester Zeit unzählige Individuen. Heftige Stürme treiben Insekten von den Küsten in das Meer, verschlagen Vögel und reißen Bäume von den Ufern los, auf denen manche Tiere eine unfreiwillige Reise unternehmen müssen — ein Vorgang, der nicht selten zur passiven Verbreitung der Art führt. Auch Eisberge und von den Küsten losgerissene Eisschollen führen Tiere, die sich vor Eintritt der Katastrophe auf ihnen befanden, in's Meer hinaus. unbekanntem Schicksal oder dem Untergang entgegen.

2. Der Einfluß des Luftlebens auf die Tierwelt.

Nutzen des Fliegens. Das Bestreben der Tiere, durch den Kampf um die Nahrung dazu gezwungen, sich neue Lebensgebiete zu erschließen, hat zur Ausbildung der Flugfähigkeit geführt. Nach zweierlei Richtungen hin bietet der Erwerb dieser Fähigkeit Vorteile für den Lebenskampf. Auf der einen Seite ermöglicht sie durch den Ortswechsel über alle Hindernisse der Landschaft hinweg günstigere Lebensbedingungen aufzusuchen. Durch den Flug haben es zahlreiche Tiere dazu gebracht, den widrigen Einflüssen kümmerlicher Nahrungsverhältnisse zu entgehen und sich den klimatischen Unbilden und mit ihren Folgen zu entziehen. Das hat in letzter Linie zum Wanderflug der Vögel in seiner höchsten Vollendung geführt. Von dem Streichen durch örtlich begrenzte Lebensbezirke bis zur hohen Ausbildung des Wanderzuges, wie er sich bei unseren Wandervögeln ausgebildet

hat, finden sich die verschiedensten Übergänge. Es ist aber nicht nur der Wechsel in der Temperatur die direkte Ursache, der die Vögel zum Wanderzug zwingt, sondern auch die durch den Eintritt der Kälteperiode bedingte Beeinflussung der Pflanzenwelt. Da hiervon auch das Tierleben abhängig ist, werden nicht nur die Pflanzenfresser unter den Vögeln, sondern auch die von tierischer Nahrung lebenden Arten zum Wandern gezwungen. Sie entgehen dadurch ihrer durch den nordischen Winter zum Schlummer gezwungenen Heimat, um in südlich gelegenen Ländern mit günstigeren Lebensverhältnissen reichlichere Nahrung zu finden. Tritt hier die Dürre ein und ändert sich die günstige Ernährungslage, so findet wieder Rückwanderung statt. Der zweite Vorteil des Erwerbs der Flugfähigkeit besteht darin, auf diesem Wege mühloser als die Bodentiere den Verbreitungskreis der Art zu erweitern und das andere Geschlecht für deren Erhaltung zwecks Vermehrung aufzusuchen.

Entwicklung von Fallschirmen. Das Problem des Fluges ist von der Natur bei den verschiedenen Tieren auf unterschiedliche Weise gelöst worden. Zunächst ist es nicht der eigentliche Flug über alle Hindernisse hinweg, der die Fortbewegung in freier Luft brachte. Baumtiere, die von einem Baum zum andern gelangen wollten und vermittlems des Sprunges dieses Ziel nicht erreichen konnten, ließen sich unter Ausspreizung ihrer Gliedmaßen von der Höhe des Baumes fallen, auf diese Weise beim Sturze durch die verbreiterte Körperfläche und den Widerstand der Luft die Wirkung des Falles zu mildern. Das führte zur Ausbildung des Fallschirmes. Dieses Ziel wurde erreicht durch Verbreiterung der Haut der Körperseiten. Solche Fallschirme lassen Flugbeutler, Pelzflatterer und Flugeichhörnchen erkennen. Es sind ausgezogene Falten der Körperhaut, die durch das Ausstrecken der Arme und Beine gebildet worden sind. Durch fortgesetzte weitere Ausdehnung des betreffenden Fallens konnte der vollkommene Fallschirm entstehen, wie ihn die Pelzflatterer besitzen, bei denen sich zwischen den verlängerten Zehen ausgedehnte Hände entwickelt haben.

Unter den Reptilien lassen die zu den Eidechsen gehörenden Flugdrachen (*Draco*) eine eigenartige Fallschirmentwicklung erkennen. Hier wird der Fallschirm durch die falschen Rippen gestützt, indem sich zwischen denselben, die lang aus dem Körper herausragen und sich willkürlich ausbreiten und anlegen lassen, die Haut als Flugorgan spannt. Diese eigenartig organisierten Echsen sind im Malayischen Archipel im Tropenwald heimisch. Die gleiche Heimat haben die Flugfrösche (*Rhacophorus*), zwischen deren mit großen Haftscheiben gleich den Laubfröschen ausgestatteten Zehen sich breite Häute gespannt haben, die die Tiere beim Sprung durch Ausbreiten der Zehen als Fallschirm benutzen.

Die Bewegung in freier Luft haben verschiedene Vertreter der Klasse der Fische auf andere Weise erlangt. Sie spannen beim schnellen aus dem Wasser in der Luft ihre breiten Brustflossen als Fallschirm aus und verlangsamen dadurch das Zurücksinken in das Wasser. Die Länge dieser Flossen beträgt etwa zwei Drittel, ihre Breite ein Drittel ihrer gesamten Leibeslänge. Sie sind echte Bewohner der Hochsee und gehören infolge ihrer Häufigkeit nicht selten zum Bilde der Meereslandschaft.

Flattertiere. Das Prinzip des Fallschirms verlassen und den eigentlichen willkürlichen Flug haben aber erst diejenigen Tiere erreicht, die es zur Ausbildung von Flügeln gebracht haben. Bei den durch eine zwischen den Fingern und dem Körper ausgespannte Flughaut ausgezeichneten Flattertieren (*Chiroptera*) kann man noch nicht von eigentlichen Flügeln reden obwohl manche Arten von ihnen es in der Gewandtheit und raschen För-

derung des Fluges mit der Schwalbe und dem raschesten Raubvogel aufnehmen. Ihr Flug ist kein eigentliches Fliegen und schweben, sondern ein Flattern. Unter ihnen lassen sich Fruchtfresser und Insektenfresser unterscheiden, von denen die ersteren an die Tropen und Subtropen gebunden sind, die letzteren weiter nach Norden gehen. Da viele Arten, namentlich die in den Tropen lebenden, sehr gesellig sind und in großen Scharen beisammen wohnen, wobei sie nicht nur zusammen fliegen, sondern auch gemeinsam der Ruhe pflegend oft an Bäumen hängend angetroffen werden, sind sie für viele Landschaften der Tropen keine seltene Erscheinung.

Die Flügel der Insekten sind häutige Gebilde, die durch festere Röhren, sog. Adern, gespannt und gestützt werden. In diese Chitindröhren treten Atemröhren, Nerven, sowie Blutflüssigkeit ein. Die Flugmuskeln, finden sich nicht in den Flügeln selbst, sondern in der Brust. Die große Mannigfaltigkeit der Körperformen der Insekten hat auch die verschiedenartige Ausbildung dieser Flugorgane bedingt. Je nach deren Ausbildung ist auch die Flugfähigkeit der Arten beschaffen. Körpergröße, Farbe und Zeichnung, namentlich der Flügel, sowie deren Bewegung beim Flug, geben den einzelnen Arten ihren Charakter und tragen nicht unwesentlich zur Belebung der Landschaft namentlich im Tropenwald, aber auch in den Subtropen, sowie in gemäßigten Gegenden in Wäldern, Steppen, auf Wiesen und auf Heiden bei.

Flieger. Die freieste Entfaltung des Flugvermögens haben aber die Vögel erlangt. Durch teilweise Verwachsung und Verkümmern der Handwurzel, Mittelhand- und Fingerknochen sind die Vordergliedmaßen zur knöchernen Grundlage der Flügel umgewandelt, die durch den Erwerb des Federflittchs ihre höchste Ausbildung als Flugorgan im Tierreich erlangt haben. Mächtige Ausbildung der Brustmuskulatur, verbunden mit starker Entwicklung eines Brustbeinkammes bei guten Fliegern, sowie der Besitz von mit den Lungen in Verbindung stehenden Luftsäcken, die zwischen den Eingeweiden und Muskeln liegen und Ausläufer in die hohlen Knochen senden, kennzeichnen den komplizierten Apparat, der diese Geschöpfe zu Bewingern der Luft stempelt. Unglaubliche Mannigfaltigkeit in der Lebensweise führte zur verschiedensten Ausbildung des Flugapparates und dieser entsprechenden Flugfähigkeit. Es sei nur an den schwirrenden, Insektenflug nachahmenden Flug der Kolibris, an das Schweben der Raubvögel und an den reißenden Flug der Schwalbe erinnert. Außerordentliche Beweglichkeit vieler Vogelarten, sowie große Geselligkeit wirken zusammen und geben dem Tierleben in der Landschaft ein eigenartiges Gepräge, wie dieses im Vorstehenden wiederholt geschildert wurde. Vogelschwärme beleben Wald und Steppe, einsam schwebende Raubvögel nicht minder die einsame Gebirgslandschaft. In Kolonien nistende Webervögel drängen sich nicht selten dem beobachtenden Auge auf, nistende Möwen- und Alken-, Pinguin-, Pelikan- und Flamingo-Kolonien wirken durch ihre groteske Anzahl geradezu landschaftbildend. Ziehende Wandervögel heben sich durch das ihrer Art typische Flugbild vom Himmel als Staffage ab und die aufsteigende Lerche gehört auf einsamer Heide oder über dem wogenden Kornfeld nicht minder zur Landschaft.

Ernährungsweise. Die Lufttiere lassen sich ihrer Ernährungsart nach in zwei verschiedene Gruppen einteilen. Auf der einen Seite handelt es sich dabei um solche Geschöpfe, die auf dem Wege des Fluges durch die Luft zu ihren Nahrungsquellen, die sich auf dem Lande oder im Wasser befinden, gelangen. Unter den Säugetieren flattern die Fliegenden Hunde (Pteropus) unter den Fledermäusen von Ort zu Ort, um zu ihrer Nahrung, die namentlich aus Bananen und anderen Früchten besteht, zu gelangen.

Zahlreiche Vögel erheben sich in die Luft, um auf dem Wege des Fluges ihre Nahrungsplätze zu erreichen. Raubvögel ziehen in der Luft ihre Kreise, um Beutetiere zu erlangen, pflanzenfressende Vögel fliegen auf Wiese, Feld und Steppe um sich Körner und Sämereien zu suchen oder durchziehen den Wald, um Früchte, Beeren und Sämereien von Bäumen und Sträuchern zu holen. Auch die Insektenfresser und Fischfresser unter den Vögeln finden in der offenen Landschaft, wie im Walde reichgedeckte Tafel. Zur zweiten Gruppe gehören aber solche Geschöpfe, die in der Luft selbst ihre Nahrung finden, also im Fluge die Beute erhaschen. Als solche seien die insektenfressenden Fledermäuse unter den Säugern und die Schwalben unter den Vögeln genannt.

Die Fortpflanzung der Lufttiere läßt manche Eigenart erkennen. Zwar findet die Begattung mancher Lufttiere im Fluge in der Luft statt, dem Fortpflanzungsgeschäft sind aber alle gezwungen auf der Erde zu obliegen. Oft scharen sich die Lufttiere zu großen Massen zusammen, um die Begattung auszuführen oder zu gemeinsamer Brut geeignete Plätze auszusuchen. Von zahlreichen Vogelarten sind gemeinsame Nistplätze bekannt und von vielen Insektenarten sind Hochzeitsflüge beschrieben.

Der Aufenthalt in der Luft fördert die Geselligkeit. Namentlich sind es körnerfressende Vögel, die in großen Flügen zusammenleben. Aber auch Insekten vereinigen sich zu gewaltigen Flügen. Es sei nur an die Wanderheuschrecken erinnert. Raubvögel, die nach Beute spähen, ziehen einsam ihre Kreise und horsten an abgelegenen und schwerzugänglichen Plätzen.

Das Seelenleben der Lufttiere zeigt viele gemeinsame Züge mit den in der offenen Landschaft lebenden Geschöpfen. Der Geselligkeitssinn und der Wanderzug durch die Luft entspricht der Herdenbildung und dem Wandern der Landtiere. Wie bei diesen bilden sich soziale Unterschiede unter den einzelnen Mitgliedern des Tierverbandes aus. Das erfahrene und ältere Tier übernimmt die Führung, unterweist die jüngeren Exemplare und hält Ordnung innerhalb der Gemeinschaft. Es sei nur an die wandernden Störche erinnert. Viele Lufttiere zeigen eine hohe Begabung. Aber auch bei den einzeln lebenden Lufttieren bilden sich bestimmte Geistesgaben aus. Die Raubvögel zeichnen sich durch Urteilsstärke in bezug auf Überlistung der Beute, sowie durch Kühnheit aus und bei vielen Wandervögeln ist das Erinnerungsvermögen so groß, daß sie ihre früheren Wohnstätten nach längerer Zeit wieder erkennen.

3. Die wichtigsten Lufttiere.

Lufttiere sind über die ganze Erde verbreitet. Nicht nur die Tropen, sondern auch die gemäßigte Zone und der hohe Norden sind bevölkert von zahlreichen Lufttieren. Während der Insektenreichtum mit der Annäherung an die Pole verschwindet, zeigen die Vögel auch in den nördlichen Gebieten einen großen Reichtum an Arten und Individuen. Kraniche, Schwäne, Enten, Gänse, Seemöwen, Seeschwalben, Sturmvögel, alles ausgezeichnete Flieger, bevölkern die nördlichen Landschaften und bilden große Flüge durch ihre Geselligkeit. In den Tropen sind es unter den zahllosen verschiedenartigen Vögeln namentlich die Papageien, die in der Landschaft durch ihre Flüge und ihr Geschrei besonders auffallen. Auch Wildtauben zeigen sich in den Tropen häufig im Landschaftsbild. Zwischen dem Norden und Süden der Erde findet durch den Vogelzug ein Ausgleich an Lufttieren statt. Namentlich sind es Singvögel, die dabei durch ihre Massenanhäufung eine Rolle spielen.

Unter den Säugetieren sind die Fledermäuse besonders in den

Tropen häufig, obwohl auch in den nördlicheren Gegenden eine Anzahl dieser Lufttiere heimisch ist. Sie sind an das Vorkommen der Insekten gebunden, wo diese abnehmen, verschwinden die Voraussetzungen ihrer Lebensmöglichkeit.

Gemeinsame Flüge führen unter den Insekten außer den schon genannten Heuschrecken auch Schmetterlinge, Bienen und Mücken aus.

In der offenen Landschaft erweisen sich die Lufttiere in ihrem Eindruck wichtiger für den Beobachter als in der Waldlandschaft. Einzelne Arten, wie der Sekretär in den Steppen Ost- und Südafrikas, wie die Kraniche und Störche auf den Wiesen und Grasflächen ihrer Heimat, fallen durch ihre groteske Erscheinung inmitten der einförmig wirkenden Pflanzenwelt sofort in die Augen. Wandernde Vögel heben sich durch ihre geschlossenen und für die Art charakteristischen Züge scharf vom Himmel ab. Im Gebirge sind es die Raubvögel, die in den Felseinöden über den Häuptern der Bergriesen oder über den Schluchten schwebend gesichtet werden.

Während auf einsamem Weltmeer Albatrosse, Fregattvögel und Sturm vögel über den Wogen schweben, zeigt sich an den Meeresküsten ein reiches Vogelleben, indem dort namentlich Möwen und Seeschwalben, oft in großer Anzahl vereinigt, ihr Wesen treiben.

Die größte Anzahl der Lufttiere beherbergt aber der Wald. Namentlich ist es der Tropenwald, dessen Vogel- und Insektenreichtum ein außerordentlich großer ist. Obwohl die Waldlufttiere, Vögel und Insekten, sei es in einzeln lebenden Exemplaren oder zu größeren Scharen vereinigt, eine oft sehr in die Augen fallende Staffage der Waldlandschaft bilden, trennen sie sich dennoch nicht so deutlich von ihrer Umgebung wie die Tiere der offenen Gebiete. So kommt es, daß die Lufttiere in den weiten Landschaften der Steppen am meisten in die Augen fallen.

Kapitel VII.

Die Tierwelt der Kulturlandschaften.

I. Allgemeines.

Einfluß des Menschen auf die Tierwelt. Am Schlusse der Erörterungen über das Tierleben der Erde darf auch ein Einblick in die Veränderungen nicht fehlen, die der Mensch durch die Ausbreitung seiner Kultur auf die Tierwelt ausgeübt hat. Durch die Ansiedelung und den Ausbau seiner Wohnbezirke, durch die Anhäufung in Dörfern und Städten, durch die Entwicklung seiner Industrien, seiner Land- und Forstwirtschaft hat der Kulturmensch die tierischen Bewohner seiner Heimgebiete verdrängt, in ihrem Bestand gelichtet oder bis zur Ausrottung vernichtet. Wo es seine Interessen verlangten, hat der Mensch im Laufe seiner Entwicklung wilde Tiere zu Haustieren gemacht, in planmäßiger Zucht zu Herden gezogen und hält diese in mehr oder minder großer Anzahl und Abhängigkeit von seinen Lebensbedürfnissen. Durch planmäßigen Abschluß, Hege und Pflege des Wildes ist die weidgerechte Jagd entstanden und hat dem planlosen Vernichtungstrieb der Naturmenschen gegen die Tierwelt Einhalt geboten.

Durch Jagdschutzgesetze, die einer Ausrottung vieler Wildarten begnügen, und durch Anlage von Naturschutzparks und Wildreservationen

sucht er in letzter Stunde noch zu retten, was zu retten ist. Während die Tiervertilgung des Naturmenschen mit der natürlichen Vermehrung des Wildes in Ausgleich steht, hat der Kulturmensch gegen den natürlichen Wildbestand durch die Kultur gewütet und eine Tierverrödung in der Landschaft durch Eigennutz erreicht. Durch unsinniges Morden hat er manche Tierarten der Ausrottung nahe gebracht und das Bedürfnis nach Gewinnung tierischer Produkte, z. B. Felle, Häute, Tran, Federn u. anderes mehr, verursacht einen beständigen Verrichtungskampf gegen die Tierwelt.

Durch Einführung von fremden Wildarten aus anderen Gebieten hat der Mensch künstlich die Landschaft beeinflußt.

Dadurch kommt es, daß viele Landschaften ihrer tierischen Bewohner gänzlich entvölkert sind, während in manchen Gegenden die Artenzahl und Individuenzahl beschränkt oder verärtert wurde.

Auf der anderen Seite hat der Kulturmensch durch einseitige Aufzucht bestimmter Baumarten, durch Massenanpflanzung von Gemüsearten, Obstbäumen, durch Anlage von Weinbergen, durch die Getreidewirtschaft und andere Kulturpflanzenansammlungen mehr, Pflanzenschädlinge herangezogen und zur oft riesengroßen Vermehrung gebracht, gegen die er dann wieder einen mehr oder minder erfolgreichen Kampf zu führen gezwungen ist.

Das dem Pflug unterworfenen Kulturland birgt durch die zahlreichen dort in gemeinsamen Beständen gezogenen Kulturpflanzen eine zum Teil reiche Fauna, die nicht selten zum Schaden des Menschen wird.

In den Tropen findet sich auf dem der Natur abgerungenen umgewandelten Waldland ein Tierleben, das sehr oft zum Schaden der mit größter Mühe und mit beträchtlichen Geldmitteln eingerichteten und bewirtschafteten Farmen werden kann.

Während der mit modernen Schußwaffen ausgerüstete Europäer mit Erfolg einen Vernichtungskampf gegen viele Schädlinge führen kann, steht der Eingeborene diesen oftmals machtlos gegenüber. Zum Schutze seiner Felder unterhält er daher oft Tag und Nacht Wachen und sucht durch Schreien, Klappern und Feuer die ungebeten Gäste aus dem Tierreich fern zu halten. Dem durch Ausrodung von Wäldern gewonnenen Kulturland stehen die durch Umwandlung von Grassteppen der Natur abgerungenen Kulturlandschaften gegenüber, die eine ihrer früheren natürlichen Tierbewohnerschaft entsprechende Tierbevölkerung beherbergen, indem zahlreiche Tiere sich nicht abhalten ließen, der Kultur zu folgen. Zwar sucht der Mensch diese zu vernichten oder nur insoweit zu dulden, als sie ihm erwünschten Nutzen bringen, als Wildpret oder zu sonstiger Verwendung in seiner Wirtschaft.

Wald und Flußufer, Seen und Sümpfe, Felder und Wiesen, sowie auch die die letzteren umsäumenden Knicks beherbergen zahlreiche wildlebende Tierarten, die unbekümmert um den Menschen in der Kulturlandschaft ihre Daseinsbedingungen finden resp. sich mit der menschlichen Nähe abgefunden haben, indem sie aus seiner Kulturtätigkeit Nutzen zogen.

Bis in die Großstadt hinein treibt es nicht selten solche Natursendlinge. Erleben wir es doch, daß seit verhältnismäßig wenigen Jahren die Amsel vom Waldtier zum Gartenbewohner geworden ist und in unseren Stadtgärten durch Vertilgung des Obstes sehr lästig werden kann.

Liebe zur Tierwelt, namentlich aber die Freude am Gesang der Vögel, bildete bei der Kulturmenschheit den Tierschutz heran. Eifrig ist der Mensch bedacht, den befiederten Sängern in Wald und Feld in der Kulturlandschaft Nistgelegenheiten zu bieten, um sie sorglos an seine Nähe zu gewöhnen, von ihrem Gesang nicht nur, sondern auch vielfach von ihrer Insektenvertilgung Nutzen ziehend.

Zwar dringen auch nicht selten ungebetene Gäste in die Kulturlandschaft, die zu ernststen Sorgen Anlaß geben. So hat sich in jüngster Zeit die aus Nordamerika in Böhmen eingeführte Bisamratte durch ihr Eindringen und ihre große Vermehrung in Deutschland (Sachsen) sehr verhaßt gemacht, da sie namentlich der Fischzucht bösen Schaden zufügt, weil sie nicht nur von Pflanzennahrung lebt, sondern auch Muscheln, Krebse und kleinere Fische verspeist.

Der Fortschritt der Kultur, namentlich die Ausnutzung immer weiterer Landgebiete durch die Feldwirtschaft, durch den städtischen Anbau, sowie durch industrielle Maßnahmen, bringt es mit sich, daß den natürlichen tierischen Bewohnern des Landes die Daseinsmöglichkeiten immer mehr beschnitten und ihre Verbreitung verhindert resp. eingeengt wird. Das erstreckt sich nicht nur nach horizontaler Richtung hin, sondern bis auf die höchsten Gipfel der Alpen dringt der Kulturmensch und beunruhigt und vertreibt die tierischen Bewohner dieser Bergriesen. Daher kommt es, daß in manchen Gegenden der Alpen die großen Tiere schon ausgerottet wurden, während sie an einigen Stellen nur noch ein kümmerliches Dasein fanden oder nur durch besonderen Schutz geduldet wurden. Der Steinbock ist in den Schweizer Alpen ganz ausgerottet, die Gemse in ihrem Vorkommen sehr eingeschränkt und der Bär ist vor der Kultur aus der Schweiz verschwunden.

Namentlich ist es die Ausrodung der Wälder, die viele Tiere ihrer natürlichen Lebensverhältnisse beraubt. Im offenen Lande ist es die stete Beunruhigung durch den Menschen, die Anlage der Eisenbahnen, der lebhafteste Verkehr auf den Landstraßen, die die Tiere verschucht und aus lebhaften Kulturgebieten in einsamere Landstriche treibt. Auch auf den Wasserstraßen vollzieht sich ein solcher Rückgang in der Zahl seiner tierischen Bewohner. In Seen und Teichen ändert sich durch den Einfluß des Menschen die Tierwelt, Flüsse werden durch den Schiffsverkehr beunruhigt, so daß Fischotter, Biber und andere Tiere mehr verdrängt oder ausgerottet werden. Die Verunreinigung der Gewässer durch die Nähe großer Städte, die Zuführung von verderbenbringenden Stoffen aus Fabriken und andere Kulturmaßnahmen mehr beeinträchtigen das Tierleben in freier Natur, so daß in der Kulturlandschaft sich immer mehr eine Verödung des tierischen Lebens einstellt.

2. Der Einfluß der Kulturländer auf die Tiere.

War aus den Erörterungen des vorstehenden Abschnittes ersichtlich, wie sehr der Mensch durch seine Kultur die ursprüngliche Tierbevölkerung der Kulturgebiete in ihrem Vorkommen und in ihrer Verbreitung beeinträchtigt, so soll nun versucht werden, in großen Zügen ein Bild zu entwerfen von den Einflüssen, die das Tier durch die Kultur in Körperbau und Lebensweise erfährt.

Lebensgewohnheiten. Bei wilden Tieren lassen sich dadurch Veränderungen in ihren Lebensgewohnheiten nachweisen.

Viele wilde Tiere treten aus ihrer heimischen Umgebung in die Kulturlandschaft hinaus, um in den Pflanzungen des Menschen Nahrung zu suchen, die ihnen, da es sich hierbei durch den Kulturanbau um gehäufte Nahrungsmittel handelt, müheloser zufällt, als wenn sie sich solche in freier Wildbahn suchen müßten, wo sie weit spärlicher verteilt ist. Sie werden aber dadurch in vielen Fällen zu gefährlichen Schädigern der menschlichen Wirtschaft. Wildschweine verderben durch ihr Wühlen oft in einer Nacht, was mit größter Mühe durch langwierige Arbeit gezogen wurde. Auch Elefanten werden den Anpflanzungen zeitweilen sehr gefährlich, da sie das

was sie nicht durch Fressen bewältigen konnten, durch Abbrechen mit dem Rüssel, Wühlen mit den Stoßzähnen und durch Zerstampfen mit den Füßen verrichten. Affenherden, unter diesen namentlich solche von Pavianen und Meerkatzen, sind verhaßte Feinde der Ansiedler und Farmer. Sie plündern und zerstören weit mehr, als sie zur Nahrung bedürfen.

An den Flußufern Afrikas tritt das Flußpferd nicht selten zur Nachtzeit aus den Flüssen heraus, um den Pflanzungen einen Besuch abzustatten, wobei es nicht allein durch Fressen, sondern auch durch Zertreten schadet.

Auch unter den Vögeln der Tropen gibt es zahlreiche Arten, die sich an die Kulturlandschaft gewöhnt haben und dabei zu Schädigern der Pflanzungen werden.

Papageien, Tauben, Stare u. a. Vogelarten mehr treiben zum Nachteil der Ansiedler und Eingeborenen in den Pflanzungen in mehr oder minder großen Schwärmen ihr Wesen.

Auch viele Raubtiere haben ihre Lebensweise geändert und besuchen vorübergehend oder ständig die menschlichen Niederlassungen mit ihren Kulturen. Löwen und Leoparden suchen die Viehherden heim. Die letzteren, sowie Hyänen überlisten einzelne Haustiere, Bären holen sich ebenfalls aus Viehherden ihren Tribut und groß ist die Zahl der kleineren Raubtiere, wie Zibetkatzen, Ginsterkatzen, Wildkatzen, Marder, Iltis, Wiesel und Ichneumonarten, die dem Kleinvieh des Menschen Schaden zufügen.

Auch in den gemäßigten Ländern haben sich viele wilde Tiere mit der Kultur befreundet und sind aus dem Wald oder den offenen Gebieten in das Kulturland gezogen. Der Fuchs hat es verstanden, trotz der ihm vom Menschen angesagten Fehde, allen Verfolgungen zum Trotz sich zu erhalten. Die Mannigfaltigkeit der Nahrungsbefürdungen, die sich ihm in der Nähe der menschlichen Behausungen bietet, findet sich weder im Walde, noch auf der Heidefläche jemals so günstig für ihn.

Das Reh hält sich im Kulturwalde mit Vorliebe in der Nähe der Schläge und kleinen Blößen auf, in die es zur Äsung heraustritt. Im übrigen bilden fruchtbares Ackerland, in welchem Feldgehölze von größerer oder geringerer Ausdehnung eingestreut sind, Wiesen an den Rändern des Waldes und die Auen der Flußniederungen seinen bevorzugten Stand.

Groß ist auch die Zahl kleiner Säugetiere und Vögel, die mit der Kulturlandschaft in Beziehung getreten sind und als Schädlinge lästig werden. Hamster und Feldmaus werden dem Getreide schädlich, nicht mindere Schädlinge sind Hasen und Kaninchen, sowie von den Vögeln Schwärme des Haus- und Feldsperlings.

Von den Wiesengründen dringen Wachtel, Wachtelkönig, Wiesenschmätzer, Grauammer, vom Walde her der Fasan, in die Felder ein. Schließlich sei noch an Wühlmäuse, Maulwurf, Mäuse und Ratten erinnert. So zeigt sich inmitten der Kulturlandschaft ein reiches tierisches Leben, das sich mit der Umwandlung der Natur durch den Menschen für die Zwecke seiner Kultur abgefunden hat und bestrebt ist, sich den dadurch geschaffenen neuen Lebensverhältnissen anzupassen.

Körperliche Anpassung und Seelenleben. Die Kultur hat demnach auf viele wilde Tiere insofern ihren Einfluß ausgeübt, als sie dieselben zwang, ihre Lebensgewohnheiten in Einklang mit den neuen Lebensverhältnissen zu bringen.

Aber auch in ihrer Körpergestaltung und in ihren Seeleneigenschaften lassen sich Abänderungen durch die Beeinflussung der Kultur nachweisen.

Jagdtiere, die unter der Hege des Menschen stehen, haben durch Zuführung von Kalksalzen und Futtermitteln günstigere Ernährungsver-

hältnisse erhalten, die auf die Ausbildung des Körperbaus, bei Hirschen und Rehen namentlich auf die Geweihbildung, einwirken. In seelischer Hinsicht sind viele wilde Tiere, die von dem Menschen durch die Jagd beunruhigt werden, mißtrauisch und scheu aus Erfahrung geworden und benehmen sich ganz anders als solche, die nicht oder nur wenig unter der Verfolgung zu leiden haben. Ein eigenartiges Verhalten zeigt der Damhirsch. Durch seine Haltung als Parkwild und durch Hege in umzäunten Revieren haben sich bei ihm haustierähnliche Erscheinungen eingestellt, indem schwarze und weiße Exemplare auftreten, sowie auch in seelischer Hinsicht sich bei ihm eine auffallende Zähmheit und Vertrautheit geltend macht.

Haustiere. Mit der Entwicklung der Kultur hat sich der Mensch aus wilden Tieren, die ihn umgaben und mit denen er als Jäger bekannt wurde, durch Zähmung und Jagd, Haustiere erworben, die in mehr oder minder innigem Verband mit seiner Wirtschaft stehen.

Noch heute halten sich viele Naturvölker gezähmte Tiere; an denen sie ihre Freude haben, ohne daß es sich dabei um eigentliche Haustiere handelt. Es ist aber anzunehmen, daß aus solchen Anfängen heraus die Haustiere sich entwickelt haben. Je nach der geographischen Beschaffenheit des Landes, nach der Eigenart des Volkes und seiner im Laufe der Zeiten erworbenen Kultur werden die verschiedensten Haustiere gehalten und für bestimmte Wirtschaftsleistungen herangezüchtet.

Körperliche Umwandlung. Durch die Zucht erleiden die Tiere zahlreiche Veränderungen. Für die verschiedenen wirtschaftlichen Aufgaben, die der Mensch von ihnen verlangt, muß sich ihr Körperbau abändern. Durch zweckentsprechende Zucht werden die extremsten Körperformen herangezüchtet. Riesenwuchs und Zwergwuchs werden erzielt, oder es wird auf Fleisch, Fettansatz, auf Milchgewinnung, Woll- und Federertrag, sowie auf Eierproduktion gezüchtet. Alle diese wirtschaftlichen Forderungen beeinflussen die Form, Größe, sowie die physiologische Funktion der Tierkörper. Es bilden sich auf diese Weise die zahlreichen Rasseverschiedenheiten der Haustiere heraus, wobei noch auf die Mannigfaltigkeit in der Zucht für reine Sport- und Liebhaberzwecke hingewiesen werden soll. Da das Haustier dem natürlichen Kampf ums Dasein entzogen wurde, indem der Mensch die Sorge seiner Ernährung und Aufzucht übernimmt, verlieren sich bei ihm viele von den wilden Stammformen ererbte Eigenschaften. Namentlich wird die Sinnestätigkeit beeinflußt. Ist das wilde Tier in steter Spannung und sucht auf seine Umgebung aus Selbsterhaltungstrieb zu achten, so wird das Haustier gleichgültig gegen seine Umgebung. Das gilt aber nicht für alle, denn Ziege und Katze haben sich auch als Haustiere eine gewisse Selbständigkeit und Freiheit des Entschlusses bewahrt.

Hat der Mensch ein Interesse daran, die Sinne seiner Haustiere auszunutzen, so legt er bei der Zucht Wert auf die Ausbildung bestimmter Sinne. Es sei nur an die vorzügliche Spißnase der Jagd- und Bluthunde erinnert.

Erhielten manche Tiere, wie der Hund, durch den Umgang mit den Menschen in seelischer Hinsicht Förderung, so läßt sich nachweisen, daß andere entschieden geistig verblödeten, wie die Schafe, deren wildlebende Stammformen sich beträchtlich hoher Intelligenz erfreuen. Die Seeleneigenschaften der Haustiere werden demnach durch die Kultur in hohem Maße beeinflußt.

Eine den Haustieren eigene Erscheinung, die sich bei wilden Tieren nur beim Hyänenhund und beim Kampfhahn findet, ist die Scheckbildung ihres Haarkleides. Während das Kleid des wilden Tieres mit seiner heil-

mischen Umgebung aus Schutzgründen in Farbe und Zeichnung Übereinstimmung zeigt, fällt für die Haustiere diese Anpassungsforderung als zwecklos fort. Sie sind der Sorge um die Erhaltung des Lebens durch die Pflege und Fütterung des Menschen enthoben und es bedarf daher keines Schutzkleides und keiner auf Abwendung der Gefahr bedachter Wachsamkeit mehr. Dieser Verlust an geistiger Spannung und die Zwecklosigkeit des Anpassungsschutzes haben eine Gefügelockerung hervorgerufen, wodurch die Scheckbildung verursacht wurde.

3. Tiere die in der Kulturlandschaft wichtig sind.

Nächst den im vorhergehenden Abschnitt geschilderten wilden Tieren die aus ihren natürlichen Wohngebieten in die Kulturlandschaft übertreten, sind es verschiedene im halbwilden Zustand gehaltene Tiere, sowie die eigentlichen Haustiere, deren Beeinflussung durch die Kultur geschildert wurde, die in der Kulturlandschaft eine mehr oder minder große Rolle als lebende Staffage bilden.

Ohne bis jetzt ein eigentliches Haustier zusein, hat der afrikanische Strauß in der menschlichen Wirtschaft eine hohe Bedeutung erlangt und wird als wichtiger Wirtschaftsvogel in Herden vereinigt in verschiedenen warmen Ländern der Erde gehalten und gezüchtet. Straußenfarmen befinden sich u. a. im Süden Afrikas, in Kalifornien, sowie in Nizza, auch hatte man sogar auf deutschem Boden den Versuch in Stellingen gemacht, eine Straußenfarm zu errichten.

Ein für die menschliche Wirtschaft in manchen Gegenden Indiens äußerst wichtiges Tier ist der Elefant, der als „Arbeitselefant“ in großer Anzahl in umfangreichen Betrieben gehalten wird. Da er in der Gefangenschaft nur verhältnismäßig selten zur Fortpflanzung kommt, so daß die zahmen Herden immer wieder mit wildeingefangenen und gezähmten Elefanten versehen werden, kann man beim Elefanten nicht von einem eigentlichen Haustier reden.

Man hatte am Kongo den Versuch gemacht, den afrikanischen Elefanten ebenfalls als Arbeitstier zu verwenden, hatte aber bisher nur wenig Glück damit.

Auch die Zähmungsversuche mit wildeingefangenen Zebras kamen zu keinem sicheren Resultat, ebenso wenig die Bastardierungsversuche zwischen Zebra-, Pferden und Eseln. Die als „Zebroiden“ bezeichneten Blendinge zeigten das unzuverlässige Temperament der Zebras.

Noch mit einem anderen wilden Tier, der Elenantilope, hat man Versuche angestellt, ob es nicht gelingt, aus ihr ein Haustier zu machen. Diese riesigen Antilopen lassen sich leicht zähmen und vor den Wagen spannen. Eigentliche Resultate sind aber auch mit diesem wilden Tier nicht erzielt.

Noch mit anderen Tieren werden wirtschaftliche Experimente ausgeführt. So werden zur Pelzgewinnung Füchse in Fuchsfarmen gezüchtet, Zibetkatzen werden in Käfigen gehalten, um den Zibet zu gewinnen, eine schmierige Masse, die aus Afterdrüsen dieser Tiere gewonnen wird. In Farmen gehaltene Strauße und in großen Holzbetrieben arbeitende Elefanten beleben durch ihre Körpergröße die Landschaft. Besonders wichtig sind aber im Rahmen der Kulturlandschaft die Haustiere. Rinderherden bevölkern die ausgedehnten Weiden der Kulturvölker, Pferde, Schafe, Ziegen und Schweine werden in vielen Kulturländern in großer Anzahl im Freien gehalten, nicht minder zahlreiche Geflügel, Hühner, Tauben, Gänse, Enten u. a. mehr. Manche Länder zeichnen sich durch besonderen Viehreichtum aus. Es sei nur an die riesigen Rinderherden Argentiniens,

an den Schafreichtum Australiens, an die ausgedehnte Viehzucht Hollands und an den Gänse-reichtum Pommerns erinnert, um zu beweisen, welche Wirkung das Haustier in der Landschaft ausüben kann.

Außerordentlich vielseitig und mannigfaltig ist die Ausnutzung der verschiedenen Haustiere, welche ihrer natürlichen Veranlagung und Begabung Rechnung trägt.

Bei einzelnen Völkern besteht der ganze Reichtum in Viehherden; von der Viehzucht ist bei ihnen alles abhängig, während bei anderen ihre Daseinsmöglichkeiten von dem Besitz bestimmter Haustiere direkt abhängen. So sind die Dromedare für die Wüstenbewohner Nordafrikas, für die Renttiernomaden das Renttier, für die Eskimos der Hund als Schlittentier, für die Gebirgsbewohner Tibets der Yak, für die Indianer auf den Kordillern die Schafkamele oder Lamas von größter Bedeutung für diese Völker.

Alle diese Haustiere, die meistens in großer Anzahl in Gebrauch stehen, gehören zum Landschaftsbild jener Länder. Der Viehreichtum vieler Völker Afrikas ist z. B. noch lange nicht genügend erforscht. Manche dort heimischen Rassen zeichnen sich durch besondere Körpergestalt und Hornbildung aus. Es sei nur an das Watussirind (Abb. 78) des Seengebietes, an die verschiedenen Schaf- und Ziegenrassen der Eingeborenen dieses Weltteils erinnert. Auch der asiatische Kulturkreis zeigt bei den verschiedenen Völkern eine große Zahl der eigenartig-geformtesten und für sie wichtigen Haustiere.

Der indische Zebu mit seinen vielen Rassen, der indische Büffel, der Gayal, das Sundarind und andere mehr, bevölkern als Haustiere in mehr oder minder gezähmten Zustand die dortigen Landschaften und sind unzertrennbar mit dem Dasein des Menschen verknüpft. Der Büffel hat auch in Südeuropa eine große Bedeutung, in Kleinasien wird die Angoraziegenzucht, in Kaschmir die der Kaschmirziege und in der Bucharei die des Karakulsehafes betrieben. Mit dem Letzteren wurden in Deutschland Einbürgerungsversuche angestellt. Für unsere Heideländer sind die Heidschnucken als Charaktertiere der öden Heideflächen zu erwähnen, für Ostfriesland die Milchschafe usw.

Ein an Viehbestand besonders reiches Volk sind die Kirgisen; sie züchten und halten Pferde, Rinder, Kamele, Schafe und Ziegen.

Dort wo die Weide- und Ernährungsverhältnisse auf der Erde besonders günstig sind, nimmt der Viehreichtum großen Umfang an. In den La Platastaaten liegen die Verhältnisse besonders gut; in den Pampas finden



Abb. 78. Watussirind.

Durch riesenhafte Ausbildung der Hörner zeichnet sich das im Zwischenseengebiet Afrikas heimische Watussirind aus. Es wird angenommen, daß das übermäßige Hornwachstum durch den Einfluß der Feuchtigkeit der Luft verbunden mit der tropischen Wärme bedingt wird. Der wirtschaftliche Nutzen dieser Rinderrasse ist kein besonders großer.

sich daher unzählige Viehherden. In Europa wird auf der Balkanhalbinsel intensive Viehzucht getrieben, so daß in den dortigen Landschaften Schafe, Ziegen, Rinder, Büffel und Pferde eine wichtige Rolle spielen. Auch Kamele und Schweine werden dort viel gehalten.

Schließlich sei noch die Maultierzucht erwähnt, die in einzelnen Ländern sehr intensiv betrieben wird. Im spanischen Südamerika wird das Maultier sehr geschätzt, in den Südstaaten der Union nicht minder, auch in Südeuropa erfreut es sich als Lasttier besonderer Bedeutung. Maultier und Maulesel spielen auch in Abessinien eine große Rolle und auf dem Straßenbild unserer Heimat ist das Maultier in der Gegenwart auch keine allzu seltene Erscheinung mehr.

Aber nicht nur nach horizontaler, sondern auch nach vertikaler Richtung hin gehört das Haustier zum Besitztum des Menschen und als solcher zur lebenden Staffage der Landschaft. Die Viehzucht in unseren Alpengebieten wird mit großem Erfolg betrieben und es gewährt einen herrlichen Anblick, die schönen Tiere auf den grünen Matten der Alpenweiden zu sehen.

Am Schlusse sei noch der Seidenraupenzucht und Bienenzucht Erwähnung getan. Die erstere gibt mittelbar der Landschaft ein eigenartiges Gepräge, in dem sie durch die zur Aufzucht der Raupen nötige Anpflanzung der Maulbeerbäume beeinflußt wird. Wo intensiv Bienenzucht getrieben wird, wie z. B. in der Lüneburger Heide, geben die für die Standbienenzucht nötige Aufstellung von Bienenständen der Landschaft ein eigenartiges Aussehen.

Seidenzucht wird in China, Japan, Indien, in Südeuropa und in der Levante, Bienenzucht außer in Deutschland, in Rußland, Frankreich, Österreich und in einigen anderen Ländern Mitteleuropas intensiv betrieben.

So hat denn der Mensch durch rücksichtslose Ausrottung und durch seine Kulturarbeit das Tierleben nach den verschiedensten Richtungen beeinflußt. Wo es ihm zum Schaden war, hat er es vernichtet oder zurückgedrängt, wo er dagegen seinen Nutzen in der Tierhaltung fand, hat er mit größter Energie sich die verschiedensten Tiere dienstbar gemacht und dadurch viel zur Belebung der durch ihn von wilden Tieren entvölkerten Landschaft beigetragen.

Übersicht zusammenfassender und grundlegender Schriften.

Zusammenfassende Lehrbücher.

- Scobel, Geographisches Handbuch, Bielefeld-Leipzig 1909 (Meinardus, Luftkülle. Krümmel, Die Ozeane. Drude, Die Pflanzen. Moehius, Die Tierwelt.)
Sopan, Grundzüge der physischen Erdkunde. Leipzig 1916.
Ull, Grundzüge der allgemeinen Erdkunde. Leipzig 1915.
Wagner, Lehrbuch der Geographie, Hannover-Leipzig 1912.

Klima.

- Börnstein, Leitfaden der Wetterkunde. Braunschweig 1913.
Günther, Handbuch der Geophysik Bd. II. Stuttgart 1899.
Haan, Lehrbuch der Meteorologie. Leipzig 1906.
Haan, Handbuch der Klimatologie. Stuttgart 1908.
Köppen, Klimakunde (Sammlg. Göschen). Leipzig 1906.
Köppen, Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. Petersen. Mittlg. 1918.

- Trabert, Meteorologie (Sammlg. Göschen). Berlin-Leipzig 1916.
Trabert, Meteorologie u. Klimatologie. Leipzig-Wien 1905.

Das Meer.

- Glöther, Handbuch der Geophysik Bd. II.
Krümmel, Handbuch der Ozeanographie. Stuttgart 1907.
Schott, Phys. Meereskunde. (Sammlg. Göschen). Leipzig 1910.
Schott, Der Atlantische Ozean. Hamburg 1912.

Die Pflanzenwelt.

- Busemann, Pflanzengeographie auf physiolog. Grundlage. Leipzig 1910.
Diels, Pflanzengeographie (Sammlg. Göschen). Leipzig 1908.
Drude, Handbuch der Pflanzengeographie. Stuttgart 1890.
Drude, Die Ökologie der Pflanzen. Braunschweig 1913.
Graebner, Pflanzengeographie. Leipzig 1909.
Graebner, Lehrbuch der allgemeinen Pflanzengeographie. Leipzig 1910.
Graebner u. Warming, Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. Berlin 1916.
Gothan, Pilger u. Winkler, Das Leben der Pflanzen. Stuttgart 1913.
Kerner von Marilaun, Pflanzenleben. Leipzig-Wien 1900.
Schimper, Pflanzengeographie auf physiolog. Grundlage. Jena 1908.
Solms-Laubach, Graf v., Die leitenden Gesichtspunkte einer allgem. Pflanzengeographie mit kurzer Darstellung. Leipzig 1905.
Warburg, Die Pflanzenwelt. Leipzig-Wien 1913/16.

Die Tierwelt.

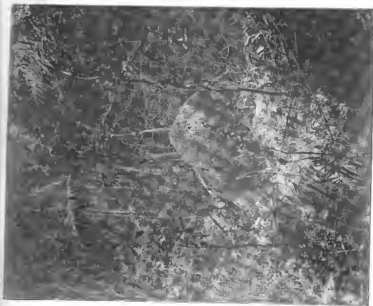
- Brehms Tierleben. Leipzig-Wien 1900.
Dugmore, Wild, Wald, Steppe. Leipzig (ohne Jahr).
Haecke, Die Schöpfung der Tierwelt. Leipzig 1893.
Hesse u. Doflein, Tierbau und Tierleben in ihrem Zusammenhang betrachtet. Leipzig-Berl. 1910.
von Oertzen, In Wildnis und Gefangenschaft. Berlin 1913.
Ortmann, Grundzüge der marinen Tiergeographie. Jena 1896.
Schillings, Mit Blitzlicht und Büchse. Leipzig 1905.
Schillings, Der Zauber des Elefanten. Leipzig 1914.
Sokolowsky, Aus dem Seelenleben höherer Tiere. Leipzig 1910.
Sokolowsky, Beobachtungen über die Psyche der Menschenaffen. Frankfurt a. M. 1908.
Weber, Die Säugetiere. Jena 1904.
Walbel, Lebensformen und Lebensweise der Tierwelt im trop. Afrika. Mittlg. der Geogr. Ges. Hbg. 1913.
von Wilsnann, In den Wildkammern Afrikas und Asiens. Berlin 1918.

Druckfehler:

- Seite 43 Zeile 10 von unten: 35 Klimaprovinzen statt 21.
" 45 " 4 von oben: 5 Klimagürtel statt 4.
" 45 " 16 von unten: s¹ statt s.
" 46 " 8 von oben: „fällt der heißeste Monat“ statt „fällt er“.
" 49 " 6 von oben: „0 bis — 10°“ statt „0 bis 10°“.
" 49 " 11 von oben: „mindestens 4 Monate“ statt „0—4 Monate“.
" 58 " 2 von oben: Awn statt Awn.
" 73 Abb. 22: nach Schott.
" 74 " 23: nach Schott.
" 74 " 24: nach Schott.
" 78 Karte 16: nach Schott.
" 103 Abb. 42 steht auf dem Kopf.
-



Caracasate Baum im Uferwald des Casar.
Urwald aus hohen dickstämmigen Bäumen —
der abgebildete Baum ist verhältnismäßig dünn —
mit spärlichem Unterholz — Beispiel eines
tropischen Hallenwaldes. (Phot. Passarge.)



Das Innere eines Urwaldes.
Das Bild ist in dem Urwald des Iguanagebirges am Cuchivero
(Venezolan, Guayana) aufgenommen worden, und zwar an einer
lichten Stelle. Es zeigt die gewaltigen Felsblöcke, zwischen denen sehr
dichter, fast undurchdringlicher Wald steht. Dickstämmige Bäume
sind an dieser lichten Stelle zufällig nicht sichtbar. (Phot. Passarge.)



Bergwald am Zuriapo.

Man steht am Beginn des Raudals Wasserfall des Zuriapo, eines Nebenflusses des Cuchivero (Venezol. Guayana) und blickt über den Fluß nach NO auf den hohen Urwald. Dahinter ein Vorberg des Culabra Gebüges, das mit dichtem Urwald bedeckt ist. Das Bild gibt eine Vorstellung von der üppigen Entwicklung des Waldes, seiner Höhe und Dichte. (Phot. Passarge.)



Lagune in einem Estero bei Las Botellas in Las Culatas am Orinoco.

Im Vordergrund ist eine niedrige Platte mit hartem Buschelgras gerade noch sichtbar, den Hintergrund aber bildet der Überschwemmungswald des Orinoco. Zwischen ihm und der Steppentafel liegt eine Lagune, die mit dem Überschwemmungsgebiet zusammenhängt und von ihm bei Hochwasser gespeist wird. (Phot. Passarge.)



Urwald mit Baumfarnen am Kilimandjaro (Aus: »Mitt. a. d. deutschen Schutzgebieten 1909, Phot. Jäger«).

Der Baumfarnwald ist eine bezeichnende Höhenstufe des Waldes besonders zwischen dem eigentlichen, an Palmen reichen Bergwald und dem an Flechten und Moosen überreichen Nebelwald.



Ngurne, obere Hohenwaldgrenze am Nordhang, 2700 m (Aus: „Mitt. a. d. deutschen Schutzgebieten 1913, Erg.-Heft 8, Phot. Ed. Oehler.“)
Der Nebelwald endet mit windschiefen, krüppeligen Bäumen gegen die Hochgebirgsgrassteppe. Flechtenbarte zeigen den Reichtum an Nebel an.



Blick vom Hettnergriffel des Loolmalassin (3648 m) nach Nord. Hochgebirgsvegetation mit Polstern von Helichrysum. (Aus: „Mitt. a. d. deutschen Schutzgebieten 1913, Erg.-Heft 8, Ed. Oehler phot.“)
Das Bild ist für das Hochgebirgsgestrüpp über dem Nebelwald bezeichnend. Über ihm liegt Hochgebirgsgrassteppe.



Pflanzenliste am *Monte S. Angelo* (1909) in am *Klimatopograph*
Mitt. a. d. deutschen Schutzgebieten 1909, Phot. Jäger,
Hochgebirgsgestrüpp oberhalb des Nebelwaldes und unterhalb
der Hochgebirgsgrassteppe.



Sumpfwald auf dem Uferwall des Sees an der Sumpfwald-
mündung mit Schilfbäumen der letzten Überschwemmung
Mitt. aus den deutschen Schutzgebieten 1917, Erg.-Heft 12,
Lehrmann (Phot.).
Die tropischen Sumpflaune besitzen 2. T. Luftwurzeln ähnlich
den Mangroven. Die Höhe der Schilfbäume deutet der
Pfeil an. Beispiel sog. Süßwasser-Mangroven.



Rio Amores im argentinischen Chaco zur Regenzeit.
Photographie von R. Lütgens.



Rio Amores im argentinischen Chaco zur Trockenzeit.
Photographie von R. Lütgens.

(Aus: *Mitt. der Hamb. Geogr. Ges. Bd. XXV Taf. 2 Abb. 3 und 4.)
Eine tropisch-subtropische Grasflur-Barklandschaft mit einzelnen Bäumen und Busch- und Waldinseln. Der Unterschied in der Wasserführung des Flusses ist deutlich. Die Grasflur ist eine Überschwemmungsgrasflur mit in der Trockenzeit verdorrendem Steppengras.



Der Pabiero von San Carlos am Cuchivero.

Man blickt von einem Gipfel, dessen Buschwald im Vordergrund zum Vorschein kommt nach Süden. Die Ebene ist das Hochgras Überschwemmungsgebiet des Cuchivero, das ein Nebenfluß mit Uferwald durchzieht. In diesen mündet im Vordergrund ein Nebenbach mit Uferwald. Das Ostufer des Flußtales erhebt sich steil und unvermittelt aus der Talebene. Das Savanne und Buschwald die Gehänge bedecken, ist nicht erkennbar. (Phot. Passarge.)



*Landschaft zwischen Dschungel und Forstzone Wundschin, Südamerika. R = Raphiapalmen. Aus: Deutsches Kolonialblatt 1911.
Tropische Grasflur mit einzelnen Bäumen. Raphiapalmen in den Tälern eines Berglandes auf feuchtem Boden.
Die Grasflur ist zum großen Teil in Kulturland verwandelt worden.*



Njanti-Gebirge. (Aus: »Thorbecke, Im Hochland von Mittel-Kamerun, Teil I, Taf. 47.«)
Savanne mit zerstreuten Palmen und Galeriewaldflüßchen.



Ostabhall des Sonjoberglandes (Berg Lolouele) zur Safesteppe mit Uferbusch des Sanjang. Hinten im Süden der Vulkan Olmoti. (Aus: »Mitt. a. d. deutschen Schutzgebieten 1913, Erg.-Heft 8.« Ed. Oehler phot.)
Ausgezeichnetes Bild einer Grassteppe mit spärlichen Büschen an einem Bach. Im Hintergrund ist das steile Aufsteigen des Gebirges aus der Ebene beachtenswert.



Hochgrasige Baumstüppe (Obertentstüppe) bei Amurkorkke (Togo). (Aus: "Mitteilg. a. d. Deutschen Schutzgebieten 1908", Phot. von W. Busse.)
 Berechnend ist die krummliche Ausbildung der Bäume, (Pannarium), die jährlich Bränden ausgesetzt sind. Sie stehen zerstreut in der Hochgrasfur, deren Grasbüschel über mannhoch sind.



Dichtes Dornegestrüpp auf der Makondafel mit Pfad, der zu einem Dorf führt. (Aus: „Mitt. a. d. deutschen Schutzgebiete“, Erg.-Heft 1, Berlin 1908. Phot. v. Wenke.)

Das Bild zeigt einen grasfreien Gehölzverein aus Sträuchern.



Moskitopfanne im Mündungsgebiet des Schindu. Aus: Mitt. a. d. deutschen Schutzgebieten 1909. Abb. 14. Phot. v. Seiner.

Hinter dem gehölzfreien Überschwemmungsgebiet ist der lichte regengrüne Trockenwald sichtbar, der gerade kahl dasteht und rund um die Sandpfanne liegt.



Milchbuschsteppe in der Nähe des Löwenflusses. (Aus: Abhandlungen d. Hamb. Kolonialinstituts Bd. XXX. Abb. 14. Phot. v. Range.)



Ebenholz und Kameldorn. (Aus: Abhandl. d. Hamb. Kolonialinstituts Bd. XXX, Abb. 15.
Phot. v. Range.)

Das Gehänge des Flußbettes ist eine Schichttafel, steinig, wüstenhaft. In dem sandigen Flußbett stehen aber Bäume — ein Hinweis auf die Grundfeuchtigkeit.



Grassteppe mit Palmen im Chaco bei Vella Guillermina. (Aus: 'Mitt. d. Hamb. Geogr. Ges. 1911, Bd. XXV., Taf. 3, Abb. 6. Lütgens phot.')
In der Hochgrasflur stehen vereinzelt Fächerpalmen (Palmensavanne).



*Partie aus der Quebrada Larga im Küstengebirge von Antofagasta.
(Aus: »Martin Landeskunde von Chile«, Tafel 7, Hamburg 1909.)
Gebirgige Euphorbien-Salzsteppe bis Wüste.*



Araucarienwald (Araucaria imbricata) in der Cordillera von Nahuelbuta. (Aus: "Martin, Landeskunde von Chile", Taf. 29, Hamburg 1909.)



Inneses eines Urwaldes bei Ushuiak, Süd-Feuerland. (Aus: »Martin, Landeskunde von Chile«, Taf. 45, Hamburg 1909.)

NOV 23 1921

Geol. T

UNIVERSITY OF MICHIGAN



3 9015 06980 8278

